

ISSN 2520-2227

# ПАЁМИ ПОЛИТЕХНИКӢ

## Бахши Таҳқиқотҳои муҳандисӣ

4 (56) 2021



**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК**  
Серия: Инженерные исследования

**POLYTECHNIC BULLETIN**  
Series: Engineering studies

# ПАЁМИ ПОЛИТЕХНИКӢ БАХШИ ТАҲҚИҚОТҶОИ МУҲАНДИСИ

ISSN  
2520-2227

4(56)  
2021



МАҚАЛЛАИ ИЛМӢ – ТЕХНИКӢ

<http://vp-es.ttu.tj/> E-mail: [vestnik\\_politech@ttu.tj](mailto:vestnik_politech@ttu.tj)

Published since January 2008

Ба рӯйхати нашрияҳои тақризи КОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон дохил карда шудааст.  
Включен в Перечень рецензируемых изданий ВАК при Президенте Республики Таджикистан

Мақалла дар Вазорати фарҳанги Ҷумҳурии Тоҷикистон ба қайд гирифта шудааст  
№ 0261 / ЖР аз 18 январи соли 2017  
Индекс обунa 77762

РАВИЯИ ИЛМИИ МАҚАЛЛА	НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ЖУРНАЛА	SCIENTIFIC DIRECTION
05.14.00 Энергетика 05.16.00 Металлургия ва маводишиносӣ 05.17.00 Технологияи кимиёвӣ 05.22.00 Нақлиёт 05.23.00 Сохтмон ва меъморӣ	05.14.00 Энергетика 05.16.00 Металлургия и материаловедение 05.17.00 Химическая технология 05.22.00 Транспорт 05.23.00 Строительство и архитектура	05.14.00 Energy 05.16.00 Metallurgy and materials science 05.17.00 Chemical technology 05.22.00 Transport 05.23.00 Construction and architecture

Муассис ва ношир	Учредитель и издатель	Founder and publisher
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
Ҳар семоҳа нашр мешавад	Издається ежеквартально	Published quarterly
Мақалла дар шохиси иқтисодоварии Россия қайд гардидаст	Журнал включен в РИНЦ	The journal is included in the Russian Science Citation Index

Нишонӣ	Адрес редакции	Editorial office address
734042, г. Душанбе, хиёбони академикҳо Раҷабовҳо, 10А Тел.: (+992 37) 227-04-67	734042, г. Душанбе, проспект академиков Раджабовых, 10А Тел.: (+992 37) 227-04-67	734042, Dushanbe, Avenue of Academics Radjabovs, 10A Tel.: (+992 37) 227-04-67

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК**  
СЕРИЯ: ИНЖЕНЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ 1

**POLYTECHNIC BULLETIN**  
SERIES: ENGINEERING STUDIES

**ҲАЙАТИ ТАҲРИРИЯ**

**САРДАБИР**

**Қ.Қ. ДАВЛАТЗОДА**

доктори илмҳои иқтисодӣ, профессор

**М.А. АБДУЛЛО**

н.и.т., дотсент, муовини сармухаррир

**А.Ч. РАХМОНЗОДА**

н.и.т., дотсент, муовини сармухаррир

**К.Х. ГУЛЯМОВ**

саркотиб

**АЪЗОЁН**

**А.И. СИДОРОВ**

д.и.т., профессор (Федератсияи Россия)

**А.Г. ФИШОВ**

д.и.т., профессор (Федератсияи Россия)

**Л.С. КАСОБОВ**

н.и.т., дотсент

**А.К.КИРГИЗОВ**

н.и.т., и.в. дотсент

**И.Н. ГАНИЕВ**

академики АМИТ, д.и.х., профессор

**Х.О. ОДИНАЗОДА**

узви вобастаи АМИТ, д.и.т., профессор

**Т.Ҷ. ЧУРАЕВ**

д.и.т., профессор

**ММ. ХАҚДОД**

узви вобастаи АМИТ, д.и.т., профессор

**А.Б. БАДАЛОВ**

узви вобастаи АМИТ, д.и.х., профессор

**Фохаков А.С.**

д.и.т., дотсент

**В.В.СИЛЯНОВ**

д.и.т., профессор (Федерацияи Россия)

**Р.А. ДАВЛАТШОЕВ**

н.и.т., дотсент

**М.Ю. ЮНУСОВ**

н.и.т., и.в. дотсент

**Р.САЛОМЗОДА**

н.и.т., дотсент

**Д.Н. НИЗОМОВ**

узви вобастаи АМИТ, д.и.т., профессор

**И КАЛАНДАРБЕКОВ**

д.и.т., и.в. профессора

**А. Г ГИЯСОВ**

д.и.т., профессор (Федератсияи Россия)

**Н.Н. ХАСАНОВ**

доктори меъморӣ, и.в. профессор

**Р.С. МУКИМОВ**

доктори меъморӣ, профессор

**Ҷ.Ҳ. САИДЗОДА**

доктори илмҳои техникаӣ, профессор

**А.Р. РУЗИЕВ**

н.и.т., дотсент

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР**

**К.К. ДАВЛАТЗОДА**

д.э.н., профессор

**М.А. АБДУЛЛО**

к.т.н., доцент, зам. главного редактора

**А.Дж. РАХМОНЗОДА**

к.т.н., доцент, зам. главного редактора

**К.Х. ГУЛЯМОВ**

главный секретарь

**ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ**

**А.И. СИДОРОВ**

д.т.н., профессор (Российская Федерация)

**А.Г. ФИШОВ**

д.т.н., профессор (Российская Федерация)

**Л.С. КАСОБОВ –** к.т.н., доцент

**А.К.КИРГИЗОВ–** к.т.н., и.о.доцента

**И.Н. ГАНИЕВ**

академик АН РТ, д.х.н. профессор

**Х.О. ОДИНАЗОДА**

член-корр. АН РТ, д.т.н., профессор

**Т.Дж. ДЖУРАЕВ**

д.т.н., профессор

**М.М. ХАҚДОД**

член-корр. АН РТ, д.т.н., профессор

**А.Б. БАДАЛОВ**

член-корр. АН РТ, д.х.н., профессор

**А.С.ФОХАКОВ**

д.т.н., доцент

**В.В.СИЛЯНОВ**

д.т.н., профессор (Российская Федерация)

**Р.А. ДАВЛАТШОЕВ**

к.т.н., доцент

**М.Ю. ЮНУСОВ**

к.т.н., и.о.доцента

**Р.САЛОМЗОДА**

к.т.н., доцент

**Д.Н. НИЗОМОВ**

член-корр. АН РТ, д.т.н., профессор

**И.КАЛАНДАРБЕКОВ**

д.т.н., и.о. профессора

**А. Г. ГИЯСОВ**

д.т.н., профессор (Российская Федерация)

**Н.Н. ХАСАНОВ**

доктор архитектуры, и.о. профессора

**Р.С. МУКИМОВ**

доктор архитектуры, профессор

**Дж.Х. САИДЗОДА**

д.т.н., профессор

**А.Р. РУЗИЕВ**

к.т.н., доцент

*Материалы публикуются в авторской редакции, авторы опубликованных работ несут ответственность за оригинальность и научно-теоретический уровень публикуемого материала, точность приведенных фактов, цитат, статистических данных и прочих сведений. Редакция не несет ответственность за достоверность информации, приводимой авторами.*

*Автор, направляя рукопись в Редакцию, принимает личную ответственность за оригинальность исследования, поручает Редакции обнародовать произведение посредством его опубликования в печати.*

## МУНДАРИҶА – ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ЭНЕРГЕТИКА - ENERGY .....</b>	<b>6</b>
<u><b>АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МОДЕЛИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ</b></u>	
Б.М. Гиёев, А.М. Расулов, Б.Ф. Ибрагимов .....	6
<u><b>СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ГИДРОТУРБИНЫ МГЭС НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА</b></u>	
Ш.С. Махмадов .....	14
<b>МЕТАЛЛУРГИЯ ВА МАВОДШИНОСӢ - МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ - METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE.....</b>	<b>20</b>
<u><b>ПОЛУЧЕНИЕ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ СОСТАВОВ <math>Pb_{10}Ln_{11}</math>, <math>Pb_4Ln_5</math> И <math>Pb_3Ln_5</math></b></u>	
Б.Ш. Рахмонов .....	20
<u><b>ГАРМИҶУНҶОИШИ ХОС ВА КОЭФФИЦИЕНТИ ГАРМИДИҶИИ ХӮЛАИ РУҶИИ <math>Zn5Al</math> БО НИКЕЛ</b></u>	
Ғаниев И.Н., Алиев Ҷ.Н., Нарзуллоев З.Ф.....	26
<u><b>ВЛИЯНИЕ ОЛОВА И СВИНЦА НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВО-ЖЕЛЕЗОВОГО СПЛАВА АЖ2.18</b></u>	
С.С. Раджабалиев.....	31
<u><b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИНИИ МОНОВАРИАНТНОГО РАВНОВЕСИЯ В РАСПЛАВАХ СИСТЕМ ИНДИЙ-ХАЛЬКОГЕНЫ (СЕРА, СЕЛЕН И ТЕЛЛУР)</b></u>	
К.Б. Нуров, А.С. Джафаров, Т. Д. Джураев .....	35
<u><b>МУАЙЯН НАМУДАНИ МИҚДОРИ МЕТАЛЛҶОИ ВАЗИН ДАР ТАРКИБИ ГИЁҶИ ШИФОБАХШИ ШИРИНБИЯ (GLYCYRRHÍZA GLÁBRA)</b></u>	
М.Ҷ. Шомаҳмадов, Х.И.Қодирова, С.Ф.Абдуллаев .....	41
<b>ТЕХНОЛОГИЯИ КИМИЁВӢ - ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ - CHEMICAL TECHNOLOGY .....</b>	<b>45</b>
<u><b>КОМПЛЕКСИ ФАЗАГИИ СИСТЕМАИ <math>Na_2SO_4</math>-<math>CaSO_4</math>-<math>Al_2(SO_4)_3</math>-<math>H_2O</math> ДАР ИЗОТЕРМАИ 298 К</b></u>	
Д.З. Музафарова, М.Т. Жумаев, Л. Солиев .....	45
<u><b>СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА БЕНТОНИТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИСТЫМТАУ</b></u>	
Н. Б. Сахибов .....	50
<u><b>СКОРОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ МАТРИЧНО-НАПОЛНЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ХИМИЧЕСКИ ОСАЖДЕННЫХ ПОКРЫТИЙ</b></u>	
Щербачков И.Н. ....	54
<u><b>ЭЛЕКТРОВΟΣСТАНОВЛЕНИЕ ИОНОВ СТРОНЦИЯ НА РТУТНО-КАПАЮЩЕМ ЭЛЕКТРОДЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИРОДЫ ПРЕДЕЛЬНЫХ ОДНОАТОМНЫХ СПИРТОВ</b></u>	
М.А. Зухурова.....	58
<u><b>ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ГАЛЬВАНОСТОКОВ РЕАГЕНТНЫМ МЕТОДОМ</b></u>	
Д.З. Бокизода .....	65
<u><b>РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИГОНА ТБО (НА ПРИМЕРЕ Г. ДУШАНБЕ)</b></u>	
Х.Б. Бобоев .....	68
<u><b>ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СИГНАЛА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ</b></u>	
Р.О. Азизов, Д.С. Азимов, Ш.Ф. Шоев, Ф. Нуриддини.....	73
<u><b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БУФЕРНОГО СОЛЕВОГО РАСТВОРА С ОБРАЗЦОМ ПОРОДЫ, ВЗЯТОЙ ИЗ ЗОНЫ ЦЕМЕНТАЦИИ ОГОЛОВКИ ПЛАСТА СОЛИ</b></u>	
Б.Н. Рахимов.....	79

<b><u>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ</u></b>	
Бадавлатова Б.Х.....	85
<b><u>ПОЛУЧЕНИЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ СПОСОБОМ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕЙ ФОН ЯГНОБ</u></b>	
Гайбуллаева З.Х., Асроров Б.И., Бахриддинзода Ш.Б., Шарифов А. ....	92
<b>НАҚЛИЁТ - ТРАНСПОРТ - TRANSPORT.....</b>	<b>97</b>
<b><u>ТАҲЛИЛИ УСУЛ ВА МОДЕЛҲОИ БАҲОДИҲИИ ТАЛАБОТ БА ХИЗМАТРАСОНИИ НАҚЛИЁТИ МУСОФИРБАР</u></b>	
Ризой Н.М., Юнусов Ф.М. ....	97
<b><u>АНАЛИЗ КИНЕМАТИКИ ПОВОРОТА ДВУХ ГУСЕНИЧНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ С НЕЗАВИСИМЫМ ПРИВОДОМ</u></b>	
Султонов Х. Н. ....	106
<b><u>БАРТАРИЯТ ВА НОРАСОИҲОИ ИСТИФОДАИ СЎЗИШВОРИИ ГАЗИ ДАР НАҚЛИЁТИ АВТОМОБИЛӢ</u></b>	
Мамадамон Абдулло .....	110
<b><u>АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИНФОРМИРОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК</u></b>	
Шодиев С. М. ....	119
<b>СОҲТМОН ВА МЕЪМОРӢ - СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА - CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE.....</b>	<b>129</b>
<b><u>PRINCIPLES FOR DESIGNING RAMPS IN CIVIL BUILDINGS</u></b>	
R.M. Shokirov.....	129
<b><u>РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ В ГОРОДЕ ДУШАНБЕ</u></b>	
Б.А. Гулямов .....	136
<b><u>АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАБОТЫ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ И ХАРАКТЕР ИХ РАЗРУШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН</u></b>	
Сайрахмонов Р.Х., Арабзода Н.С., Шарифов Ф.А. ....	142
<b><u>КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НЕРАЗРЕЗНЫХ ПОЛОГИХ ОБОЛОЧЕК</u></b>	
О.Р. Нуманов .....	147
<b><u>АКТИВНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ДОБАВКИ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ БИТУМА И АСФАЛЬТОБЕТОНА</u></b>	
Тошов Дж.З., Шарифов А., Шарипов Ф.Б. ....	151
<b><u>ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА</u></b>	
А.А.Акрамов.....	157
<b><u>NUMERICAL DYNAMIC SOLUTION OF SLAB RESTING ON ELASTIC FOUNDATION BY SEQUENTIAL APPROXIMATION METHOD</u></b>	
Hajeز A. F. ....	163
<b><u>ТАДҚИҚОТИ ТАҶРИБАВИИ МУСТАҲКАМӢ, МАЗБУТӢ ВА ТАРҚИШУСТУВОРИИ БОЛОРҲОИ ПЕШАКИ ФИШОРОВАРДАШУДА</u></b>	
А.Д. Рахмонзода, И.И. Рахмонзода.....	170
<b><u>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ И КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ РАСЧЕТА БАЛКИ – СТЕНКИ</u></b>	
Саидов Р. Р. ....	174
<b><u>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОТОЧНЫХ МЕТОДОВ АСТРОМЕТРИИ И КОСМИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ</u></b>	
А.С. Рахманов.....	177
<b><u>СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЕ УЧРЕЖДЕНИЙ ДОШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ г.ГОМЕЛЯ И ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ</u></b>	

А.В. Евстратенко, А.В. Щеглова .....	181
<b><u>ТЕКТОНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В АРХИТЕКТУРЕ СЕВЕРНОГО РЕГИОНА СРЕДНЕЙ АЗИИ</u></b>	
Ф.З. Мирзоева, А.А. Разаков .....	189
<b><u>ИСПЫТАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ КАМЕННОЙ СОЛИ НА ОБЪЁМНОЙ, ПРОДОЛЬНОЙ И ПОПЕРЕЧНОЙ ПОЛЗУЧЕСТИ</u></b>	
А.С. Раджабова.....	194

## ЭНЕРГЕТИКА - ENERGY

### АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МОДЕЛИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Б.М. Гиёев, А.М. Расулов, Б.Ф. Ибрагимов

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

В предлагаемой работе кратко изложены результаты анализа современных ведущих вычислительных комплексов, которые применяются для анализа и моделирования энергосистем и, в целом, для решения электротехнических задач. Основная цель авторов заключается в представлении информации об основных возможностях самых известных программных средств, используемых для решения различных задач в энергетике. Предложены рекомендации в зависимости от рассматриваемой для исследователя проблем вариантов выбора моделирующего комплекса. Авторы надеются, что информация, представленная в данной работе, полезна для научно-технических исследователей, работников, занятых проектированием объектов энергосистемы, потенциальных пользователей в области промышленности и позволяет им принять правильное решение перед применением соответствующего программного обеспечения.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, энергосистема, анализ, программно-аппаратные средства.

### ТАҲЛИЛИ БАРНОМАҶОИ ҲИСОББАРОРИ МУОСИРИ КОМПЮТЕРӢ БАРОИ МОДЕЛСОӢИ ВА ҲАЛЛИ МАСЪАЛАҶОИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКӢ

Дар мақолаи мазкур натиҷаҳои таҳлили барномаҳои ҳисоббарори муносири компютерӣ, ки барои таҳлил ва моделсозии системаҳои электроэнергетикӣ истифода карда мешаванд ва нисбатан маъмул мебошанд, маълумот оварда шудааст. Мақсади асосии муаллифон аз пешниҳод намудани маълумот дар бораи имкониятҳои асосии барномаҳои махсус барои ҳалли масъалаҳо дар соҳаи энергетика пешбинишуда иборат мебошад. Вобаста ба масъалае, ки муҳаққиқ мехоҳад тадқиқ намояд дар мақола маслиҳатҳои онди интихоби барномаи ҳисоббарори компютерӣ лозима пешниҳод шудаанд. Ба ақидаи муаллифон маълумоти дар мақола пешниҳодшуда метавонад барои муҳаққиқони илмӣ-техникӣ, лоиҳакашон дар самти энергетика ва саноат фоидаовар бошад ва ҳангоми интихоби таъминоти барномавӣ барои ҳалли масъалаҳои махсуси соҳавӣ кумак кунад.

Калидвожаҳо: Моделсозии компютерӣ, системаи энергетикӣ, таҳқиқот, воситаҳои барномавӣ-техникӣ.

### ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF MODERN MODELING TOOLS FOR SOLVING ELECTROTECHNICAL TASKS

The proposed work summarizes the results of the analysis of modern leading modeling tools, which are used for the analysis and modeling of power systems and solving electrical tasks. The main author's goal is to provide information about the basic capabilities of the most famous software tools used to solve various tasks in the energy sector. Depending on the problems considered for the researcher, options for choosing a modeling complex there was some recommendations. The authors hope that the information presented in this paper is useful for scientific and technical researchers, workers involved in the design of power system facilities, potential users in the field of industry and allows them to make the right decision before using the related software.

Key words: modeling tools, power system, analysis, software and hardware.

## ВВЕДЕНИЕ

Моделирование является методом изучения сложного объекта, который путем его замены на более удобный для изучения с сохранением его существенных черт исследователям нет необходимости на проведение натуральных физических экспериментов с привлечением реального оборудования [1,2,3]. Под моделированием на практике понимают адекватную замену исследуемого технического устройства или процесса соответствующей моделью и ее последующее изучение известными методами. Известно, что модель не является полноценной копией исследуемого объекта или системы, и моделирование подразумевает пренебрежение какими-либо процессами, происходящими в реальности, однако замена реального объекта его моделью дает большие преимущества для исследования [1].

Все модели, физические или математические, все чаще используются для решения проблем и оказания помощи при принятии обоснованных решений. Модель разрабатывается для конкретной цели, и ее достоверность определяется по отношению к этой поставленной цели.

Математическое моделирование, основанное на математическом описании объекта исследования и численном методе получения решения, является основным инструментом исследования такого сложного объекта как энергосистема. Как сложный объект, для изучения современных электроэнергетических систем (ЭЭС) включает в себя огромное количество электростанций, подстанций, высоковольтных линий различного класса напряжения и в зависимости от поставленных задач и изучаемых проблем он представляет собой достаточно уникальный объект для исследования. При исследовании некоторых вопросов касательно энергосистемы, такие как переходные процессы, устойчивость, короткие замыкания и т.п., применение экспериментальных методов практически невозможно. Следовательно, еще в середине прошлого века были применены математические способы представления объектов энергосистемы и разработаны математические описания процессов, происходящих в ЭЭС [4-9].

В настоящее время почти во всех научных исследованиях применяется метод решения задач путем цифрового моделирования. Как известно, цифровое моделирование представляет собой способ исследования реальных процессов, устройств, систем, явлений, основанных на изучении их математических описаний- моделей с помощью цифровых вычислительных машин. Для создания достоверной цифровой модели энергосистемы требуется решение комплексной и трудоемкой задачи. Особенно сложную задачу представляет собой уточнение динамической модели, позволяющее повысить достоверность расчетов при исследовании электромеханических переходных процессов в ЭЭС.

Эффективность моделирования, анализ режимов электроэнергетических систем (ЭЭС) и энергообъединений (ОЭС), а также оценки полученных результатов существенно зависит от достоверности вводимых исходных информации [10] и возможности электронной вычислительной машины (ЭВМ) с инструментом моделирования. Под инструментом моделирования для современных ЭВМ понимаются установленные в нем программные обеспечения или программно-аппаратные средства для моделирования.

В общем, применение средств моделирования в области электроэнергетики дает возможность решать следующие задачи:

- Определение значения тока короткого замыкания;
- Устойчивость энергосистемы;
- Защита и управление объектов энергосистем;
- Контроль и регулирование напряжения;
- Анализ параметров систем постоянного тока;
- Оптимизация режима работы электрических сетей энергосистем;
- Надежность работы энергосистем и систем электроснабжения;
- Интеграция технических систем и баз данных;
- Моделирование и анализ рынка электроэнергии.

В настоящее время на рынке программного обеспечения существует множество программ и программно-аппаратных комплексов для моделирования во всех областях, в том числе в области энергетики и технических систем.

Выбор программного обеспечения с учетом его возможности играет важную роль и способствует получению наиболее достоверных результатов. Встречаются программы [11], которые могут использоваться для моделирования любых технических систем, но есть и имеющие узкую специализацию в какой-либо предметной области. Среди существующих программных обеспечений известно несколько основных программных комплексов, которые применяются только для расчета электрических режимов [12].

Важнейшими показателями функциональности программ считаются назначение и возможности, состав библиотек и приложений, принципы построения моделей, методы интегрирования, интерфейс и средства



визуализации результатов. На рис. 1 приведена упрощенная структурная схема классификации программных средств для моделирования технических систем [15,16].

К классическим программам относятся программы, специально предназначенные и хорошо приспособленные для выполнения расчетов в дисциплинах естественнонаучного цикла, когда требуется представление модели в аналитической форме. К ним можно отнести программы Mathematica, Maple, MathCAD. Эти программы построены в основном в соответствии с принципом WYSIWYG («What You See Is What You Get» – «что Вы видите, то и получите»). Поэтому они очень простые для использования, именно из-за отсутствия необходимости сначала писать программу, реализующую те или иные математические расчеты, а потом запускать ее на исполнение. Вместо этого достаточно просто вводить математические выражения с помощью встроенного редактора формул в виде максимально приближенного к общепринятому [17].

Программы компонентного моделирования практически полностью ориентированы на численных экспериментах. В последнее время они используются почти во всех процессах проектирования технических объектов. Для остальных приведенных на рис.1 классификации программ описание не приводится, так как остальные входят в состав программ компонентного моделирования и являются универсальными.

Основная потребность энергосистем или энергетической компании заключается в двух аспектах: эффективное планирование и точный прогноз срока службы оборудования с уделением особого внимания на предотвращение и ликвидацию аварийных режимов. Как было выше обосновано, из-за недоступности применения экспериментальных способов в реальном объекте наилучшим вариантом изучения проблем является применение математических моделирований на основе компьютерных программ. Особенность применения программных инструментов для решения электротехнических задач заключается в преобладании возможности исследования сложных систем. С помощью программных (компьютерных) средств моделирования в зависимости от строения и функциональной возможности самой программы возможно создание и структурной, и имитационной модели объекта. В [18] модели классифицируются по отношению ко времени на статические и динамические модели, которые характерны при изучении объектов и процессов в энергосистеме.

К динамическим моделям, которые представляют функционирование объектов, состояние которых непрерывно изменяется в области электроэнергетики, относятся модели генератора, турбина, двигатели и динамические процессы в энергосистеме.

### СТРУКТУРА, РЕЖИМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА

В зависимости от характера реальной физической или гипотетической системы и цели моделирования также меняется структура самой модели. А само моделирование представляет собой метод, который предполагает создание модели реального объекта и проведение в ней экспериментов. Таким образом, модель, разработанная в среде какой-либо программы, характеризуется сочетанием дифференциальных и

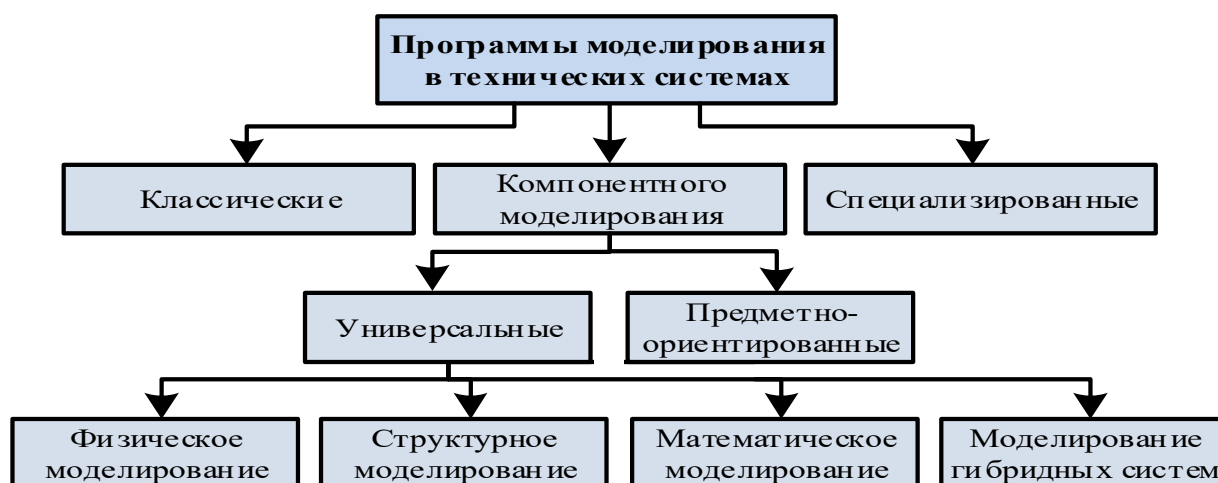


Рис.1 Классификации программ моделирования

алгебраических уравнений, которые обрабатываются вычислительным устройством. Моделирование можно классифицировать следующим образом:

- линейное (линейное программирование);
- сосредоточенное или моделирование с распределенными параметрами (моделирование сложных объектов с различными физическими подсистемами);

- статическое и динамическое (изменение структуры модели во времени);
- непрерывное или дискретное (моделирование системы по времени);
- детерминированное или стохастическое (моделирование случайных процессов и случайных событий).

Существует несколько режимов моделирования, применяемых при оценке модели в конкретной программе. Дополнительно к этому в универсальных программах компонентного моделирования можно выполнять непрерывное моделирование процессов, происходящих в энергосистеме - устойчивость и переходные процессы, моделирование мгновенных значений и их изменения, а также векторное моделирование.

Режим моделирования способствует имитации желаемой модели в режиме реального времени (например, динамическое моделирование), где в качестве векторного моделирования используется заданное алгебраическое уравнение с фиксированной частотой, что облегчает решение задачи при моделировании устойчивости энергосистемы и переходные процессы.

Анализ системы начинается с определением начальных состояний, условий и использования надлежащего метода решения при моделировании объекта. Можно назвать некоторые методы анализа энергосистемы и ведущие программные обеспечения, используемые при моделировании объектов и процессов [23,24,25]:

- **анализ установившегося режима** предполагает анализа синусоидального напряжения и тока, а также линейные параметры системы и используется для определения потока мощности; параметров изменения напряжения, потери мощности (активные и реактивные), компенсация реактивной мощности и положения регуляторов напряжения трансформатора. Большинство исследователей и проектные организации при анализе установившегося режима и оптимизации режимов работы ЭЭС широко применяют следующие комплексы: Power Factory (DigSILENT), PSCAD, MUSTANG, DSA PowerTools Suite. Перечисленные комплексы были применены в недавних работах [26-29]. По информации авторов два первых комплекса успешно применяются для разработки математических моделей, результаты которых используются при разработке стратегического проекта CASA-1000.
- **квазистационарный анализ** используется при анализе ненормальных режимов системы, таких как короткие замыкания и перенапряжения, связанные с попаданием ударов молнии. Известными в этом направлении инструментами для исследования являются программы: SimPowerSystem, Power Factory (DigSILENT), PSCAD, NEPLAN, ETAP и EMTP.
- **динамический анализ** используется при решении задач, связанных с электромеханическими переходными процессами, динамической устойчивостью и нарушением баланса мощности в энергосистемах. Для анализа электромеханических переходных процессов и устойчивости энергосистем удобнее считается применение комплексов как DAKAR System, EUROSTAG (Tractebel Engineering), PSCAD, Power Factory (DigSILENT), MUSTANG и PSS/E.
- **анализ переходных процессов** используется при рассмотрении вопросов реальной сложности, как электромагнитные и электромеханические переходные процессы и устойчивость параллельной работы энергосистем. Такой анализ является фундаментальной методологией, которые способствуют пониманию эффективности энергетических систем, оценки узлов питания, объясняя отказы оборудования или тестирования аппаратуры и устройств релейной защиты. В настоящее время единственным вычислительным комплексом, обладающим специальными модулями, учитывающими вышеприведенные аспекты, является комплекс ETAP [30]. Модуль ETAP eMTP™ обладает специальным интерфейсом с возможностью импорта модели из других широко используемых программ для анализа электромагнитных переходных процессов, применяемых при анализе установившегося режима и моделирования переходных процессов в ЭЭС, например, PSCAD и EMTP-RV.

### МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

В данной части работы приводятся обобщенные характеристики программных средств, используемых для моделирования электрических объектов и возникающих в них процессов.

Как известно [19], объекты электрической системы классифицируются как передающие, распределительные и промышленные. С целью улучшения аналитических способностей и вычислительной эффективности программные средства разрабатываются для определенного класса системы или решения определенных вопросов. При выборе инструмента для решения поставленной задачи важно знать предназначение вычислительного комплекса и его функциональности по отношению к исследуемому объекту. Как было отмечено, все вычислительные комплексы в отдельности не в силах решать всех виды задачи.

В недавней работе [12] авторами проведено сравнение функциональных возможностей программных средств расчета и анализа электрических режимов. Ниже приведен список программных комплексов для решения электросетевых задач, применяемых при расчете установившихся режимов электрической сети, такие как расчет потоков распределения, эквивалентирование схемы электрической сети, оптимизация установившихся режимов и анализ повреждений в ЭЭС, а также анализ статической и динамической устойчивости ЭЭС.

- **PSS/E** – (Power System Simulator for Engineering) компания Siemens;
- **EUROSTAG** - компания Tractebel Engineering– Electricite de France;
- **Космос** - ЗАО «Институт энергетических систем»;
- **DigSilent** - компания DlgSILENT;
- **NEPLAN** Electricity «ABB Utilities GmbH»;
- **Energy Computer Systems** (SPARD).

Выше приведенные программные средства также не ограничены необходимыми техническими характеристиками и включают в себя индивидуальные возможности для анализа и моделирования процессов. Кроме перечисленных выше программ, в настоящее время в России и в странах СНГ известны еще другие программные комплексы для решения электросетевых задач:

- **RastrWin** - ООО «Фонд кафедры АЭС им. Д.А. Арзамасцева»;
- **Mustang**;
- **DAKAR - ELEKS** Software;
- **АНАРЭС-2000**;
- **PSS/E**;
- **КАСКАД-ПЕТРЕН**;
- **DigSilent** - компания DlgSILENT;
- **TK3-3000**;
- **АРМ СРЗА**;
- **Космос** - ЗАО «Институт энергетических систем»;

Приспособленные для исследования переходных процессов в ЭЭС широко используются и другие известные комплексы, как ETAP, MatLab и PSCAD [20,21,22].

### СРАВНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Оценка функциональных возможностей моделирующих вычислительных комплексов требовала от авторов изучения документации и руководство пользователя общеизвестных программ [30-36]. На этой основе была составлена сравнительная таблица функциональных возможностей ведущих вычислительных комплексов (табл. 1).

Среди рассмотренных в табл. 1 программ наиболее функциональными являются DigSILENT (Power Factory), PSS/E, PSCAD и EUROSTAG и их целесообразно применять для решения электросетевых задач. Для расчета установившихся режимов и с целью инженерных расчетов, как правило, используется пакет RastrWin.

Комплексы DigSILENT (Power Factory), PSS/E и PSCAD не имеют русскоязычный интерфейс, однако несмотря на это в последнее время они получают широкое применение в странах СНГ.

Комплексы Mustang и ETAP в основном рассчитаны для анализа несимметричных режимов работы электроэнергетической системы, расчета и анализа токов короткого замыкания.

Достаточно известным и универсальным пакетом, разработанным компанией MathWorks, является Matlab/Simulink. Пакет обладает рядом возможностей для моделирования объектов генерации, передачи и распределения электроэнергии, используемых при проектировании систем управления. Преимущество пакета Matlab/Simulink заключается в его возможности задания в блоках произвольных математических выражений, что позволяет решать типовые задачи. Как отмечено в табл. 1, пакет Matlab/Simulink также имеет возможность моделирования устройств и систем в реальном масштабе времени. Matlab/Simulink может использоваться для разработки модулей общего назначения, определяемых пользователем и для создания собственных компонентов в форме уравнений.

Работа программного вычислительного комплекса EUROSTAG в основном направлена для расчета электромеханических переходных процессов. Данный комплекс за счет автоматического подбора шага интегрирования дифференциальных уравнений в силе решать переходные процессы любой длительности. EUROSTAG дает возможность анализировать причины возникновения различных аварийных возмущений в энергосистеме такие, как выпадение из синхронизма генераторов станций, лавина частоты и напряжения и т.п., а также разработка и настройка устройств систем управления.

Диалоговый автоматизированный комплекс анализа режимов (ДАКАР) разработан для расчета и анализа нормальных, предельных и послеаварийных режимов работы сетей напряжением 0,4–1150 кВ [32]. Вычислительный комплекс PSCAD (Power Systems Computer Aided Design), разработанный исследовательским центром «Manitoba HVDC», позволяет исследователям и пользователям проектировать, анализировать, оптимизировать и проверять работы энергосистемы и силовые электронные средства управления. Данный комплекс в последнее время считается более мощным и гибким инструментом для проектирования и научных исследований с достаточно удобным графическим интерфейсом. В его библиотеке содержатся пассивные элементы и компоненты для создания алгоритмов управления, предварительно запрограммированные и протестированные модели такие, как электрические машины, устройства FACTS, линии и кабели, а также готовые модели релейной защиты [22].

Таблица 1.

Сравнительная таблица функциональных возможностей вычислительных комплексов

Функции	Digsilent	PSS/E	PSCAD	EUROSTAG	Matlab	RastrWin	Mustang	DAKAR	ETAP	RSCAD (RTDS)
Моделирование в режиме реального времени.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
Расчет электрического режима.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Функция расчета токов короткого замыкания.	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+
Возможность организации связи с физическими устройствами.	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+
Наличие базы элементов электрической сети.	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+
Функции оптимизации режима.	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
Возможность задания характеристик любого вида автоматики.	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+
Расчет электромеханических переходных процессов.	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
Расчет электромагнитных переходных процессов.	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+
Наличие ограничений на размерность и количество узлов модели.	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+
Возможность учета несимметрий в элементах ЭС.	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+
Функции эквивалентирования схемы энергосистемы.	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-
Наличие моделей линий постоянного тока (HVDC) и FACTS.	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+
Наличие модели по стандартам IEEE.	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+
Возможность создания пользовательских моделей.	+	-	+	+	+	+	-	+	+	-
Возможность графического отображения схемы.	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+
Русскоязычный интерфейс.	+	-	-	+	-	+	+	+	+	-
Лицензирование.	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+

Имитатор RTDS (Real-time digital simulator) с программным пакетом RSCAD представляет собой комбинацию специального оборудования и программного обеспечения, который используется для моделирования энергосистемы в режиме реального времени. Комплекс RSCAD с достаточно удобным интерфейсом для управления симуляторов RTDS служит для управления проектами, разработки модели и анализа данных. Особенность комплекса RTDS заключается в том, что он обладает системой ввода и вывода аналоговой и дискретной информации для связи с преобразователями-реальными объектами.

При работе с комплексами RTDS имеется возможность подключать различные реальные измерительные приборы, устройства релейной защиты и системы автоматического регулирования, и при этом они будут работать с разработанной моделью точно так же, как взаимодействовали бы с реальными объектами.

Существуют другие вычислительные комплексы как: CAPE (Electrocon International, Inc.), специально разработанный ПВК для моделирования и разработки алгоритмов релейной защиты, ПВК ANSYS – для моделирования деформируемых твердых тел, гидродинамики, магнетизма и в целом для конечно-элементного моделирования.

## ВЫВОДЫ

Оценивая функциональные возможности вышерассмотренных вычислительных комплексов и изложенные по теме точки зрения, можно сделать следующие выводы и рекомендации:

1. Гибкие возможности для анализа режимов работы электрических сетей дают вычислительные комплексы как DigSILENT (Power Factory), RastrWin, DAKAR - ELEKS Software, PSS/E и эти комплексы имеют незначительные различия насчет ввода исходных данных и возможностей вывода результатов;

2. При решении задач, связанных с электромагнитными переходными процессами и анализом токов КЗ, целесообразно применять комплексы ETAP, DigSILENT, PSCAD и EMTP-RV;

3. Комплексы EUROSTAG, DAKAR и Mustang рекомендуются для расчета электромеханических переходных процессов с моделированием синхронных и асинхронных машин и учета статических и динамических характеристик нагрузок. Данные комплексы позволяют учесть действия любых видов устройств противоаварийной автоматики их настройки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Веников В.А. Теория подобия и моделирования (применительно к задачам электроэнергетики). Учеб. Пособие для вузов / В.А. Веников. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Высш. Школа, 1976. – 479 с.
2. Заболотский В.П., Оводенко А.А., Степанов А.Г. Математические модели в управлении. Учебное пособие. – Санкт-Петербург.: СПбГУАП, 2001. – 196 с.
3. Обухов С.Г. Математическое моделирование в системах электроснабжения: учебное пособие / С.Г. Обухов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 84 с.
4. R.H. Park, “Two-Reaction theory of synchronous machines – generalized method of analysis – part I, part II”, AIEE Trans., vol. 48, pp. 716-727; vol. 52, pp. 352-355, 1933.
5. Груздев, И.А. Применение аналоговых вычислительных машин в энергетических системах / И.А. Груздев, К.П. Кадомская, Л.А. Кучумов, Я.Н. Лугинский и др.; под ред. Н.И. Соколова. – Л.: Энергия, 1964. – 450 с.
6. Горев, А.А. Переходные процессы синхронной машины / А.А. Горев. – Л.: Наука, 1985. – 502 с.
7. Жданов, П.С. Вопросы устойчивости электрических систем / П.С. Жданов. – М.: Энергия, 1979. – 445 с.
8. Жданов П. С. О статической устойчивости сложных электрических систем, — В сб.: Устойчивость электрических систем и динамические перенапряжения. Труды ВЭИ, вып. 40.—М.: ГЭИ, 1940, с. 100—194.
9. R.H. Park, “Definition of an ideal synchronous machine and formula for the armature flux linkages”, General Elec. Rev., vol. 31, June 1928
10. Применение ЭВМ для автоматизации технологических процессов в энергетике / М. А. Беркович, Г. А. Дорошенко, У. К. Курбангалиев и др.; Под ред. В. А. Семенова,— М.: Энергоатомиздат, 1983.
11. Hans-Kristian Ringkjøb, Peter M. Haugan, Ida Marie Solbrekke. “A review of modeling tools for energy and electricity systems with large shares of variable renewables” Renewable and Sustainable Energy Reviews. 96 (2018) 440–459.
12. Непша Ф.С. Отдельнова Г.В. Савинкина О.А. Сравнение функциональных возможностей существующих программных средств расчета и анализа электрических режимов. Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2013. № 2 (96). С. 116-118.
13. Щербаков В.С., Руппель А.А., Глушец В.А. Основы моделирования систем автоматического регулирования и электротехнических систем в среде Matlab и Simulink: Учебное пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2003. – 160 с.
14. EMTDC Transient Analysis for PSCAD Power System Simulation: User’s Guide v4.5. –Winnipeg, Canada, Manitoba-HVDC Research Centre.
15. Бебихов Ю.В., Семёнов А.С., Семёнова М.Н., Якушев И.А. Анализ методов моделирования технических систем в среде MatLab. Моделирование, оптимизация и информационные технологии. Научный журнал, Том 7, № 3. DOI: 10.26102/2310-6018/2019.26.3.037.
16. Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б. Моделирование систем. Динамические и гибридные системы. Учебное пособие. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 224 с.
17. Любимов Э. В. Mathcad. Теория и практика проведения электротехнических расчетов в среде Mathcad и multisim. — СПб.: Наука и Техника, 2012. — 400 с.
18. Шенон Р. Имитационное моделирование систем: искусство и наука. — М.: Мир, 1978. – 302 с.
19. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям/ Под ред. М. О. Штейнберга.— 3-е изд., перераб. И доп.— М.; Машиностроение, 1992.
20. Щербаков В.С., Руппель А.А., Глушец В.А. Основы моделирования систем автоматического регулирования и электротехнических систем в среде Matlab и Simulink: Учебное пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2003. – 160 с.
21. Саттаров Р.Р., Гарафутдинов Р.Р. Современные методы экспериментальных исследований переходных процессов в электроэнергетических системах для применения в лабораторном практикуме В сборнике: Электротехнические комплексы и системы материалы международной научно-практической конференции. Уфа. 2016. С. 214-219.
22. PSCAD On-line Help System (Встроенная справка PSCAD).

23. Филиппова Т.А., А.Г. Русина, Ю.В. Дронова. Модели и методы прогнозирования электроэнергии и мощности при управлении режимами электроэнергетических систем./ Новосибир. Гос. Техн. Ун-т. –Новосибирск, 2009. – 368 с. (Коллективная монография, общий объем 23 п.л.).
24. Ljubomir Kojovic, “Modeling Requirements to Study Interactions of DG and Distribution Systems”, in proc. 2002, IEEE-PES Summer Meeting.
25. D. T. Rzy, and R. H. Staunton “Evaluation of Distribution Analysis Software for DER Applications” ORNL/TM-2001/215, Sep. 30, 2002.
26. О. В. Бахмисов, О. Н. Кузнецов, «Методика моделирования газотурбинных и парогазовых установок большой мощности при исследовании процессов в ЭЭС», Электричество, № 5, 2016.
27. Арцишевский Я.Л., Гиёев Б.М. Эффективность автоматической частотной разгрузки с передачей команд на отключение электроприемников 0,4 кВ // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2017. Т. 60. № 6. С. 37-44.
28. Арцишевский Я.Л. Гиёев Б.М. Методика выбора параметров противоаварийных команд на отключение потребителей в сетях 0,4 кВ // Вестник Московского энергетического института. 2018 №3 С. 32-40.
29. Надтока И.И., П.А. Васильев, Ф. Д. Махмадждонов. Моделирование переходных процессов и анализ динамической устойчивости энергосистемы Республики Таджикистан // Изв. Вузов. Сев.-Кавк. Регион. Техн. Науки. – 2015. - № 3. – С. 50-53.
30. ПК «RastrWin3» Документация пользователя – Екатеринбург, 2011 г. – 236 с.  
Программно – вычислительный комплекс АНАРЭС-2000 – Новосибирск, 2009 г. – 16 с.  
Справочные материалы программного комплекса DAKAR – Львов, 2012 г.
31. Справочные материалы программного комплекса Mustang – Латвия, 2005 г.  
[Электронный ресурс] – <http://www.digsilent.de/> - сайт разработчиков программы Digsilent.. DIgSILENT GmbH Gomaringen. PowerFactory Руководство пользователя DIgSILENT PowerFactory Версия 14.0. / Germany, 2011. 1192с.
32. [Электронный ресурс] – <http://www.eurostag.be/> - сайт разработчиков программы Eurostag.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Гиёев Борбад Мирзоевич	Гиёев Борбад Мирзоевич	Giyoev Borbad Mirzoevich
н.и.т.	к.т.н.	Candidate of technical sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
<a href="mailto:borbadtjk@mail.ru">borbadtjk@mail.ru</a>		
ORCID Id: 0000-0001-8230-7812		
TJ	RU	EN
Ибрагимов Бахтиёр Фатхуллоевич	Ибрагимов Бахтиёр Фатхуллоевич	Ibragimov Bakhtiyor Fatkhulloevich
Докторанти PhD	PhD докторант	PhD student
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
<a href="mailto:ibf-95@mail.ru">ibf-95@mail.ru</a>		
ORCID Id: 0000-0001-6312-2660		
TJ	RU	EN
Расулов Абдувакил Махдиевич	Расулов Абдувакил Махдиевич	Rasulov Abduvail Mahdievich
Унвонҷу	Соискатель	Postgraduate student
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
<a href="mailto:r.abduvakil@gmail.com">r.abduvakil@gmail.com</a>		
ORCID Id: 0000-0002-9925-9770		

## СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ГИДРОТУРБИНЫ МГЭС НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА

Ш.С. Махмадов

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Режим работы МГЭС в течение суток состоит из переходных процессов из-за постоянных изменений нагрузки, что плохо влияет на качество электрических параметров.

В данной статье рассмотрен контур скорости МГЭС для поддержания частоты изолированной сети в заданном значении, предлагается применять современные системы автоматического управления (САУ) в гидротурбинах на основе нечеткого регулятора. А также приведены результаты моделирования двух систем, классического метода настройки регулятора и современного метода настройки регулятора на основе нечеткой логики.

Результат моделирования показывает, что применение регулятора на основе нечеткой логики дает лучший результат.

**Ключевые слова:** гидротурбина, МГЭС, моделирование, нечеткая логика, переходные процессы, ПИД - регулятор.

### AUTOMATIC REGULATION SYSTEM HYDRO TURBINES OF SHPP BASED ON A FUZZY REGULATOR

The mode of operation of the SHPP during the day consists of transient processes due to constant changes in the load, which has a bad effect on the quality of electrical parameters.

This article discusses the speed loop of a small hydroelectric power station to maintain the frequency of an isolated network at a given value, it is proposed to use modern automatic control systems (ACS) in hydraulic turbines based on a fuzzy controller. And also the results of modeling of two systems, the classical method of regulator tuning and the modern method of regulator tuning based on fuzzy logic are presented.

The simulation results show that the use of a fuzzy logic controller gives the best result.

**Key words:** hydraulic turbine, small hydroelectric power station, modeling, fuzzy logic, transient processes, PID - controller.

### МОДЕЛСОЗИИ СИСТЕМАИ ИДОРАКУНИИ ГИДРОТУРБИНАИ НБО-И ХУРД ДАР АСОСИ ТАНЗИМКУНАНДАИ НОМУНАЗЗАМ

Реҷаи кори НБО-и хурд дар давоми шабонарӯз аз равандҳои гузаранда вобаста аз тағирёбии доимии бори барқӣ иборат аст, ки ба сифати нишондодҳои электрикӣ таъсири манфии худро мерасонад.

Дар мақола мазкур ҳалқаи суръати НБО-и хурд барои нигоҳ доштани басомади шабакаи ҷудонок нисбат ба қимати лозимаи басомади дада баромада шуда, пешниҳод гардидааст, ки дар гидротурбинаҳо, системаҳои муосири идоракунии автоматикӣ (САИ), дар асоси танзимкунандаи (регулятор) мантиқии номуназамӣ истифода шаванд.

Инчунин натиҷаҳои моделсозии ду система, усули классики ва усули муосири идоракунии танзимкунанда, ки дар асоси мантики номуназамӣ асос ёфтааст, оварда шудаанд.

Натиҷаҳои моделронӣ нишон медиҳанд, ки истифодаи танзимкунандаи номуназам натиҷаи бехтарро доро мебошад.

**Калимаҳои калидӣ:** Гидротурбина, моделсозӣ, НБО-и хурд, раванди гузарии, мантиқи номуназам, ПИД-танзимкунанда.

Актуальной проблемой является поддержание частоты изолированной сети при изменении угловой скорости гидротурбины МГЭС.

Для поддержания частоты изолированной сети используют САУ по скорости гидротурбины. В САУ МГЭС для поддержания частоты изолированной сети применяют два вида регулятора: гидромеханические и электрогидравлические [1,2].

Системы электрогидравлических (цифровых) регуляторов на сегодняшний день являются наиболее распространенными. Поэтому обеспечение качества электрической энергии возлагается на современные регуляторы в зависимости от регулируемой координаты, современные регуляторы, как правило, на пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД – регулятор).

Однако, как показали исследования, классический ПИД-регулятор имеет плохие показатели качества при управлении такими сложными объектами, как МГЭС в изолированной сети. Изменение какой-либо координаты приводит к необходимости коррекции коэффициентов регулятора [1,3,4].

В статье авторов [1] рассмотрена работа двух типов регуляторов САУ МГЭС при изменении нагрузки изолированной сети. Наиболее лучшим регулятором является ПИД-регулятор, но при этом данный регулятор требует доработки [1,3].

Для улучшения качества переходного процесса системы регулирования скорости гидротурбин МГЭС при работе на изолированную сеть, авторы предлагают использовать методику нечеткой логики для настройки системы регулирования скорости гидротурбины. Нечеткий регулятор работает в замкнутой системе в режиме реального времени [5,6,9,10].

Структурная схема системы управления с нечетким регулятором показана на рисунке 1.

Для различных режимов работ для формирования базы правил фаззи-блока, т.е. поиска параметров настройки регулятора для различных режимов работ, применяются некоторые системы нечеткого логического вывода.

В данной работе используются известные методы оптимизации, методы нечеткого логического вывода Мамадани [7,8,9].

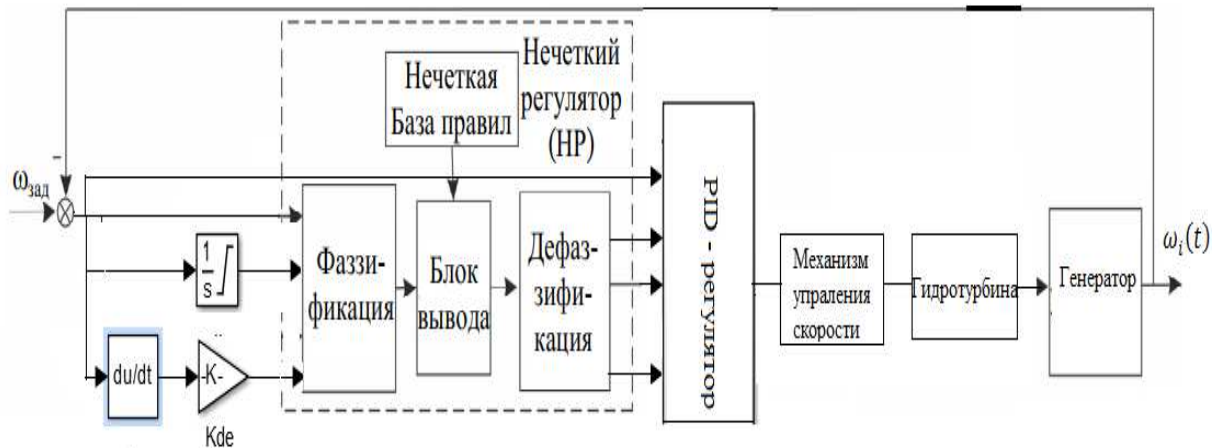


Рисунок 1. Структурная схема системы управления с нечетким регулятором

Метод нечеткого логического вывода Мамадани, определенный для решения в программном обеспечении MATLAB, предполагает, что выходные функции принадлежности будут нечеткими числами. После процесса агрегирования существует нечеткое множество для каждой выходной переменной, которая нуждается в дефаззификации. Это повышает эффективность процесса дефаззификации, поскольку значительно упрощает необходимые вычисления [6].

На рисунке 2 представлена схема трех входных переменных с блок-схемой нечеткого вывода Мамадани.

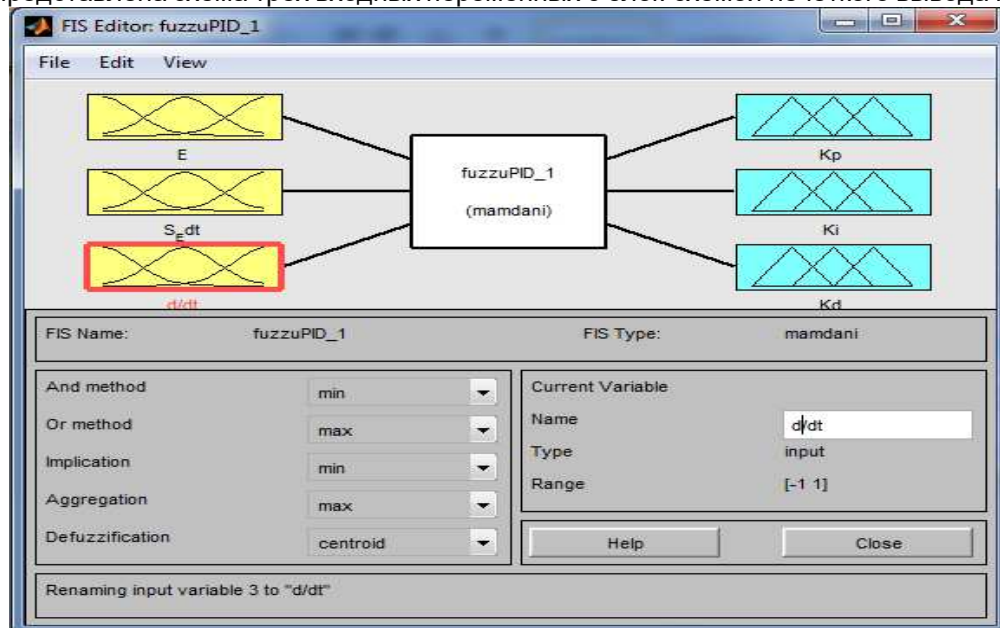


Рисунок 2. Система нечеткого вывода FIS-редактор в Matlab&Simulink.

В исследуемой системе составляет взаимосвязь между тремя входными (ошибка ( $e$ ), интегрирование и производная от ошибки) тремя выходными ( $K_p$ ,  $K_i$  и  $K_d$ ) лингвистическими переменными.

В контроллере база правил задается непосредственно совокупностью правил «IF-THAN» с помощью стандартных функций языков программирования. Взаимосвязь между входными и выходными лингвистическими переменными показана на рисунке 3.



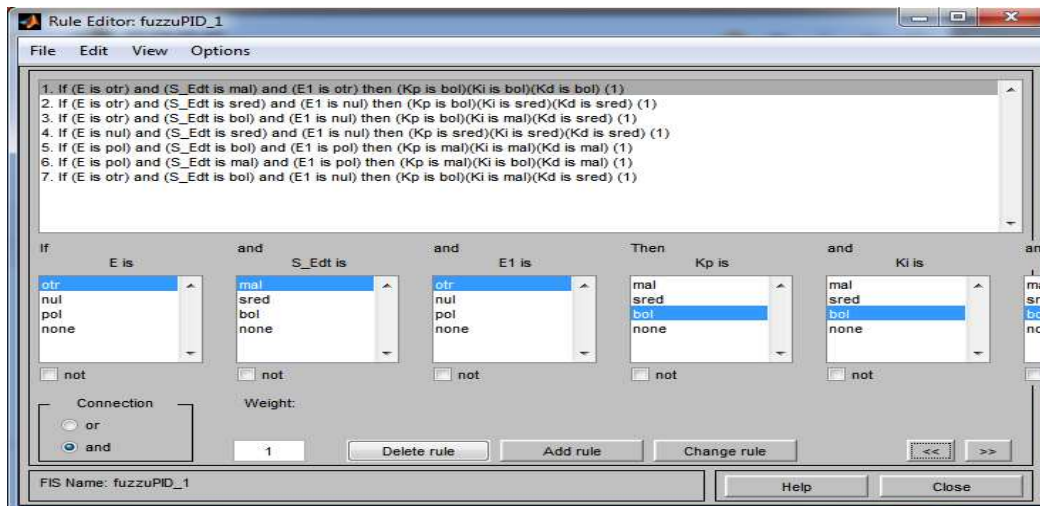


Рисунок 3. База правил и механизм вывода в Matlab&Simulink.

«База правил» содержит знания в виде набора правил о том, как лучше всего управлять системой. Механизм вывода оценивает, какие правила управления актуальны в настоящее время, а затем решает, каким должен быть вклад в установку.

После построения базы правил выполняется оценка правила, которая фокусируется на работе в предшествующей части нечетких правил. Нечеткая операция И/ИЛИ используется в предшествующей части, а операция И используется в этой конструкции [6,9,11].

Для проведения виртуального эксперимента используем программу MATLAB / Simulink. Авторами с помощью библиотеки Fuzzy Logic Toolbox была создана модель нечеткого блока автонастройки коэффициентов контролер регулятора скорости гидротурбин МГЭС (Fuzzy Logic Controller), рисунок 4 [10,11].

В качестве модели гидротурбины была использована математическая модель, рассмотренная в работе [1,2,3].

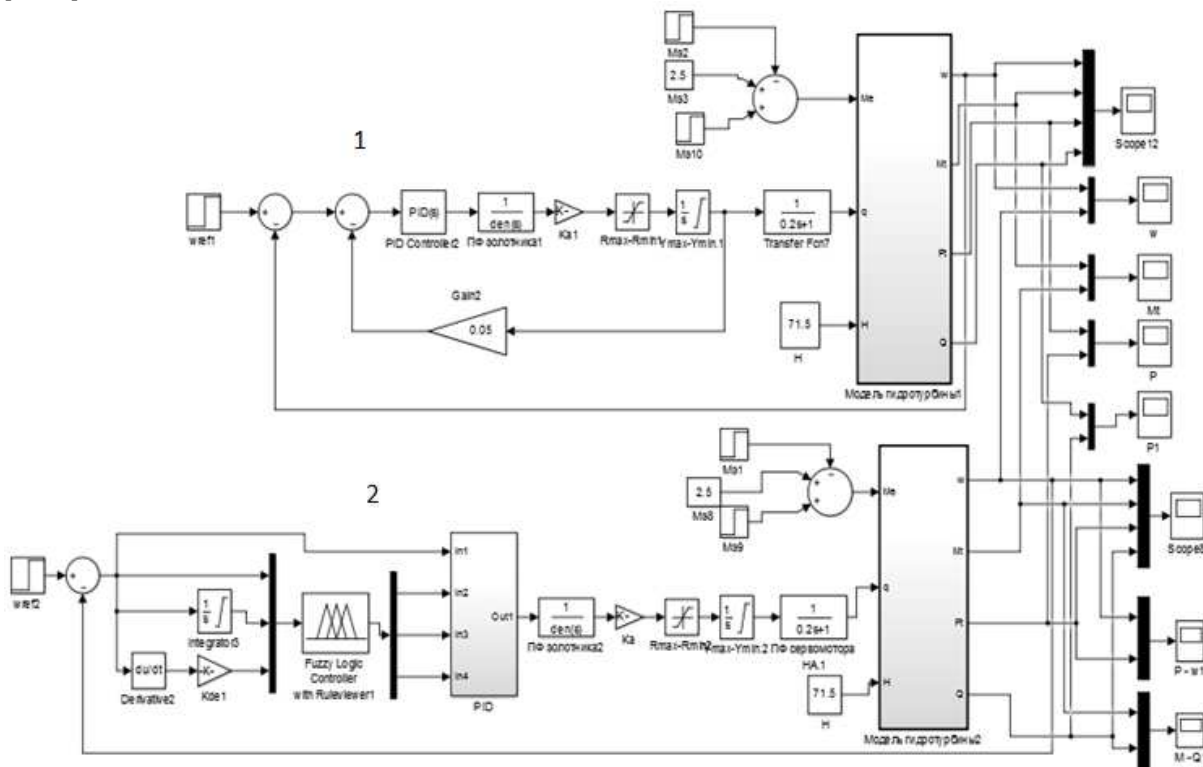


Рисунок 4– Математические модели САП гидротурбины: ПИД-регулятор, (2) регулятор на основе нечеткого регулятора

Результаты моделирования системы автоматического управления на основе нечеткой логики гидротурбин МГЭС приведены на рисунках 5 и 7.

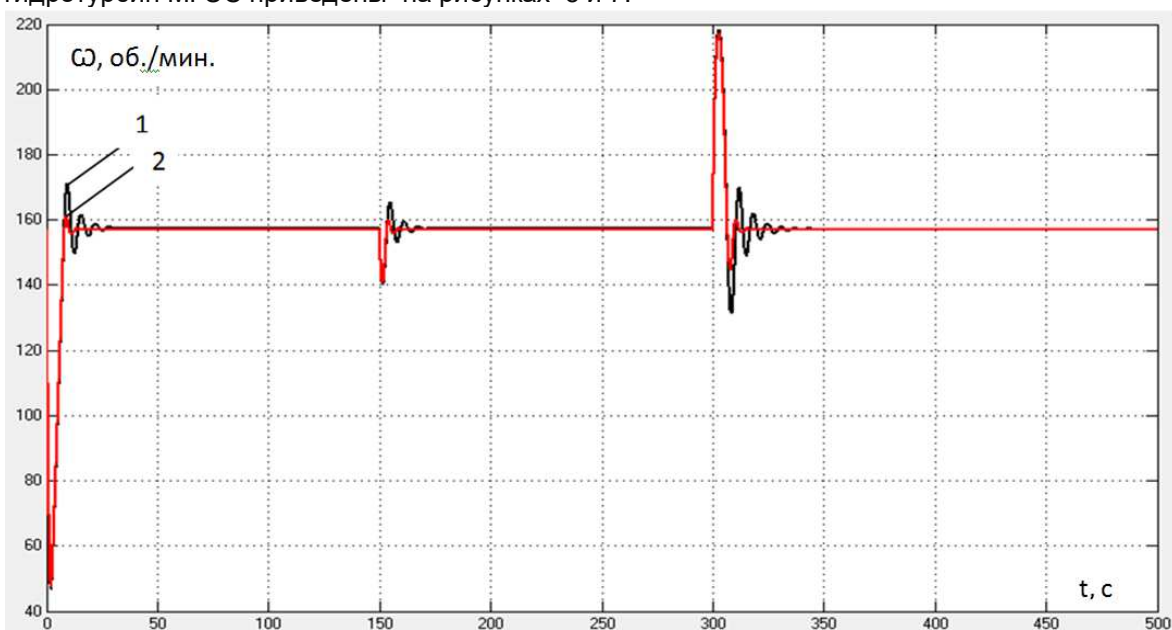


Рисунок 5 – Динамика изменения скорости МГЭС:  
(1) ПИД-регулятор, (2) регулятор на основе нечеткого регулятора

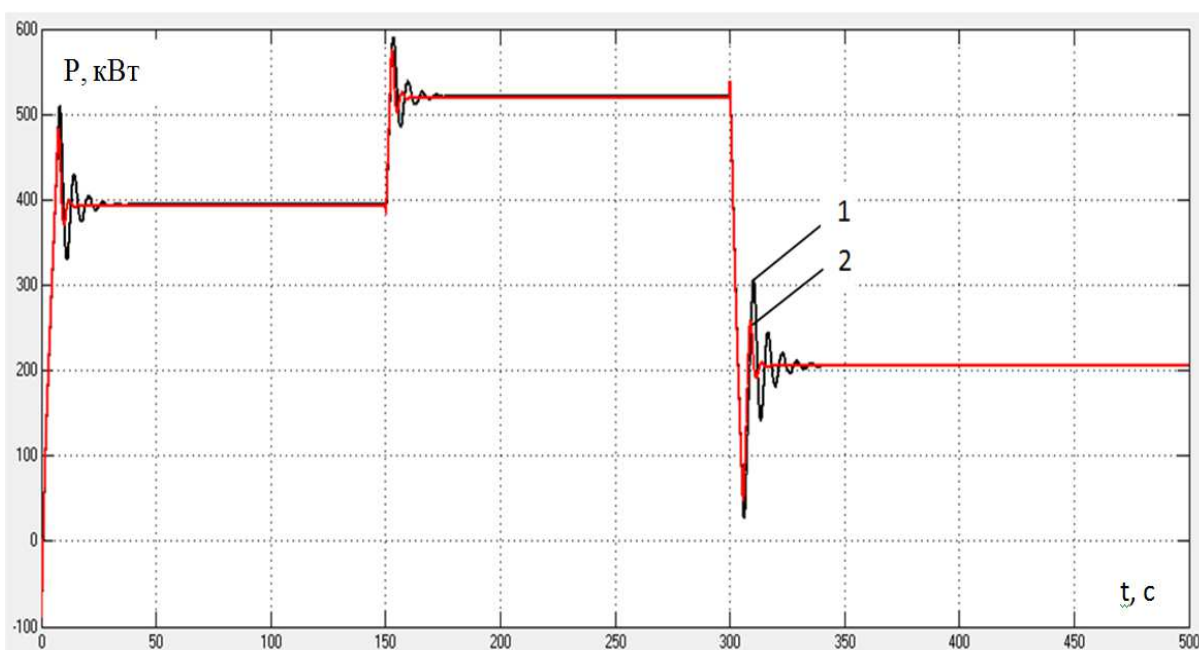


Рисунок 6 – Динамика изменения мощности МГЭС:  
(1) ПИД-регулятор, (2) регулятор на основе нечеткого регулятора

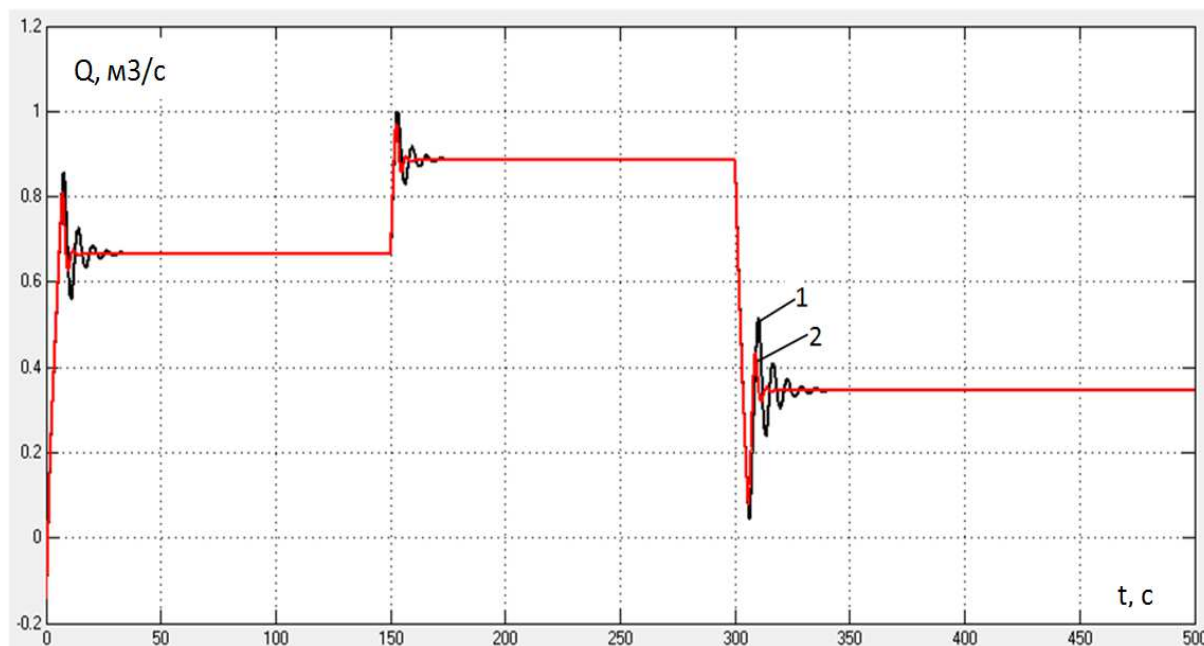


Рисунок 7 – Динамика изменения расхода воды гидротурбины МГЭС:

(1) ПИД-регулятор, (2) регулятор на основе нечеткого регулятора

На рисунках 4 и 5 представлены приходные процессы двух САП МГЭС, где переходные процессы под номером 1 - система с ПИД-регулятором, под номером 2 - регулятор на основе нечеткой логики.

Как видно из переходных процессов, регулятор на основе нечеткой логики обрабатывает в 2,5-3 раза быстрее, чем классический регулятор, и уменьшаются колебания параметров в переходных процессах.

### Вывод

Регулятор скорости гидротурбин МГЭС при работе на изолированную сеть предназначен для поддержания частоты сети в заданном диапазоне при изменении нагрузки в течение суток.

В данной работе было произведено моделирование предлагаемого авторами нечеткого регулятора скорости для МГЭС с целью улучшения динамических характеристик изолированной сети. Моделирование было выполнено с использованием программного обеспечения MATLAB&Simulink.

Результаты имитационных экспериментов показывают, что алгоритм нечеткого регулятора может улучшить производительность контура управления скоростью намного выше, чем обычный PID-регулятор. Следовательно, предлагаемый подход позволяет легко создавать высокопроизводительные специализированные контроллеры для любого конкретного контура управления на электростанции, тем самым оптимизируя эффективность и стоимость электростанции.

Таким образом, разработанный блок автонастройки коэффициентов на основе нечеткой логики позволяет уменьшить перерегулирование, сократить время переходного процесса, повысить устойчивость изолированной электроэнергетической сети отдаленного населенного пункта.

### Литература

33. Ш.С. Махмадов, Р.Х. Диёров, Ш.М. Султонов, М.М. Камолов., Моделирование системы регулирования гидротурбины для МГЭС // Политехнический вестник. Серия инженерные исследования. №4 (48)- 2019. – С. 56-60.
34. Р.Х. Диёров, М.В. Глазырин, Ш.М. Султонов / Математическая модель гидротурбины Френсиса для гидроагрегата МГЭС // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. – 2017. №2(38). – С. 6-13.
35. Ш.С. Махмадов, Н. Хасанзода, Диёрзода.Р.Х., М.И.Сафаров, А.С.Зиёев. Математическая модель гидротурбины с учетом кпд для гидроагрегата мини-ГЭС // Политехнический вестник. Серия инженерные исследования. №3 (51)- 2020. – С. 37-41.
36. Ш.С. Махмадов, Р.Х. Диёрзода, Ш.М. Султонов. Моделирование режимов работы МГЭС с учетом колебаний уровня бассейна суточного регулирования // Политехнический вестник. Серия инженерные исследования. №2 (50)- 2020. – С. 47-53.

37. M. Esfandyari, M. A. Fanaei “Comparision between classic PID,fuzzy and fuzzy PID controllers”, Iranian National Chemical Engineering Congress, Kermanshah, Iran, 25-28 October, 2010 .
38. Mallesham G., Rajani A. Automatic tuning of PID controller using fuzzy logic // 8th International Conference on Development and application system, Suceava (Romania), 2006, pp. 120 - 127.
39. Iancu I., Gabroveanu M. Fuzzy Logic Controller Based on Association Rules // Annals of the University of Craiova, Mathematics and Computer Science Series/ Volume 37(3), 2010, Pages 12-21.
40. М.А. Приходько, Ю.Н. Булатов, И.В.Игнатъев. Разработка блока автонастройки АРЧМ на основе нечеткой логики // Системы. Методы. Технологии. 2010 № (6) с. 91-95.
41. Mamdani, E. H. (1977). Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis, IEEE Transactions on Computers 26(12): 1182–1191.
42. Su Ming, Chen Lunjun fuzzy PID control and MATLAB, Guizhou University, School of Mechanical and Automation.
43. Sochima V.E., Chukwudi Ch., Chukwudumebi N., Timothy O.A., Chukwuemeka I.A. Edward C.A. “Application of a Fuzzy Logic Controller for Hydropower Generator Speed Regulation,” EJERS, European Journal of Engineering Research and Science, Vol. 4, No. 3, March 2019.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Махмадов Шариф Сафаралиевич	Махмадов Шариф Сафаралиевич	Sharif Safaralievich Mahmadv
докторанти PhD	докторант PhD	PhD student
ДТТ ба номи академик М.С. Осими	ТТУ им. академика М.С.Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
<a href="mailto:Makhmadov-1993sh@mail.ru">Makhmadov-1993sh@mail.ru</a>		
+992-987-61-11-10		
0000-0002-1335-687X		

## МЕТАЛЛУРГИЯ ВА МАВОДШИНОСӢ - МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ - METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE

УДК 536; 546.650(8); 621.7

### ПОЛУЧЕНИЕ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ СОСТАВОВ $Pb_{10}Ln_{11}$ , $Pb_4Ln_5$ И $Pb_3Ln_5$ Б.Ш. Рахмонов

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

**Аннотация.** Получены и определены или уточнены теплофизические свойства: температура и энтальпия плавления сплавов составов  $Pb_{10}Ln_{11}$ ,  $Pb_4Ln_5$  и  $Pb_3Ln_5$  для всего ряда лантанидов. Проведён системный анализ теплофизических свойств – температуры и энтальпии плавления сплавов указанных составов с помощью полумпирического метода, который учитывает особенности электронного строения лантанидов, и расчётными методами. При расчётах использованы уточнённые величины температуры плавления лантанидов. Отсутствующие в литературе величины теплофизических свойств виртуальных сплавов лантана, гадолиния и лютеция определены методами сравнительного расчёта и разностей. Полученные полные сведения теплофизических свойств интерметаллидов составов  $Pb_{10}Ln_{11}$ ,  $Pb_4Ln_5$  и  $Pb_3Ln_5$  позволили установить закономерности изменения их в зависимости от природы лантанидов. Установлено, что закономерности имеют сложный характер с чётким разделением по подгруппам лантанидов (цериевой и иттриевой) и проявлением «тетрад-эффект»-а. Показано отклонение характеристик сплавов систем Pb- Eu и Pb-Yb от общей закономерности, обусловленное частичным (Eu) или полным заполнением (Yb) 4f- орбиталей электронами. Проведено математическое моделирование закономерности изменения свойств сплавов  $Pb_{10}Ln_{11}$ ,  $Pb_4Ln_5$  и  $Pb_3Ln_5$  отдельно по подгруппам лантанидов.

Полученные сведения носят справочный характер и пополняют банк термодинамических величин металлических систем новыми данными. Установленные закономерности позволяют получение материалов с заранее заданными характеристиками.

**Ключевые слова:** сплавы, свинец, лантаниды, температура и энтальпия плавления, закономерность изменения.

### БА ДАСТ ОВАРДАНИ ХУСУСИЯТҶОИ ФИЗИКО – ХИМИЯВИИ ХӢЛАҶОИ ТАРКИБҶОИ $Pb_{10}Ln_{11}$ , $Pb_4Ln_5$ И $Pb_3Ln_5$ Б.Ш. РАҶМОҶОВ

**Анотатсия.** Ба даст овардан ва маълум ё муайян кардани хусусиятҳои термофизикӣ - ҳарорат ва энталпияҳои ғудохтани хӯлаҳои таркибҳои  $Pb_{10}Ln_{11}$ ,  $Pb_4Ln_5$  ва  $Pb_3Ln_5$  барои тамоми силсилаи лантанидҳо. Таҳлили систематикӣ хосиятҳои термофизикӣ — ҳарорат ва энталпияҳои ғудохтани хӯлаҳои таркибҳои зикршуда бо усули нимэмпирикӣ, ки хусусияти сохтори электронии лантанидҳо ва усулҳои ҳисобкуниро ба назар мегирад, гузаронида шуд. Дар ҳисобҳо арзишҳои дақиқи нуқтаи обшавии лантанидҳо истифода шуданд. Қиматҳои хосиятҳои термофизикӣ хӯлаҳои виртуалии лантан, гадолинийум ва лютетсий, ки дар адабиёт вучуд надоранд, бо усулҳои ҳисобкунии муқоисавӣ ва фарқиятҳо муайян карда мешаванд.

Маълумоти мукаммали ба даст омада дар бораи хосиятҳои термофизикӣ пайвастагиҳои байниметаллӣ  $Pb_{10}Ln_{11}$ ,  $Pb_4Ln_5$  ва  $Pb_3Ln_5$  имкон дод, ки вобаста ба табиати лантанидҳо схемаҳои тағйирёбии онҳо муқаррар карда шаванд. Муқаррар карда шудааст, ки қонуният ва характери мураккаб бо тақсироти равшан ба зергурӯҳҳои лантанидҳо (серий ва итрий) ва зухуроти «эффекти тетради» -а. Аз қонунияти умумӣ дур шудани характеристикаҳои хӯлаҳои системаҳои Pb-Eu ва Pb-Yb нишон дода шудааст, ки ин аз ҳисоби қисман (Eu) ё пурра (Yb) пур шудани 4f-орбиталҳо бо электронҳо мебошад. Моделсозии математикӣ қонунияти тағйирёбии хосиятҳои хӯлаҳои  $Pb_{10}Ln_{11}$ ,  $Pb_4Ln_5$  ва  $Pb_3Ln_5$  барои зергурӯҳҳои лантанидҳо алоҳида оварда шудааст.

Маълумоти гирифташуда характери истинодӣ дорад ва бонки микдорҳои термодинамикӣ системаҳои металро бо маълумоти нав пурра мекунад. Қонунияти муқарраршуда имкон медиҳанд, ки маводи дорои хусусиятҳои пешакӣ муайян карда шаванд.

**Вожаҳои калидӣ:** хӯлаҳо, сурб, лантанидҳо, ҳарорат ва энталпияи обшавӣ, қонунияти тағйирёбанда.

### OBTAINING, PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES ALLOYS OF COMPOSITIONS $Pb_{10}Ln_{11}$ , $Pb_4Ln_5$ AND $Pb_3Ln_5$ B.Sh. Rakhmonov

**Annotation.** The thermo physical properties - temperature and enthalpies of melting of alloys of compositions  $Pb_{10}Ln_{11}$ ,  $Pb_4Ln_5$  and  $Pb_3Ln_5$  for the whole series of lanthanides have been obtained and determined or refined. A systematic analysis of the thermo physical properties - the temperature and enthalpies of melting of alloys of the indicated compositions was carried out using a semi-empirical method that takes into account the features of the electronic structure of lanthanides and calculation methods. The refined values of the melting point of lanthanides were used in the calculations. The values of thermo physical properties of virtual alloys of lanthanum, gadolinium and lutetium, which are absent in the literature, are determined by methods of comparative calculation and differences.

The complete information obtained on the thermo physical properties of intermetallic compounds in the  $Pb_{10}Ln_{11}$ ,  $Pb_4Ln_5$ , and  $Pb_3Ln_5$  compositions made it possible to establish the patterns of their change depending on the nature of the lanthanides. It has been established that the patterns are complex in nature with a clear division into lanthanide subgroups (cerium and yttrium) and the manifestation of the "tetrad effect" -a. The deviation of the characteristics of alloys of the Pb-Eu and Pb-Yb systems from the general regularity, due to partial (Eu) or complete filling (Yb) of 4f-orbitals with electrons, is shown. Mathematical modeling of the regularity of changes in the properties of  $Pb_{10}Ln_{11}$ ,

Pb<sub>4</sub>Ln<sub>5</sub> and Pb<sub>3</sub>Ln<sub>5</sub> alloys is carried out separately for lanthanide subgroups.

The information obtained is of a reference nature and will replenish the bank of thermodynamic values of metallic systems with new data. The established regularities will make it possible to obtain materials with predetermined characteristics and.

**Keywords:** alloys, lead, lanthanides, melting temperature and enthalpies, regularity of change.

## ВВЕДЕНИЕ

Широкое применение свинца и его сплавов в различных областях современной техники и технологии обусловлено наличием важных их технологических и прикладных характеристик. Ежегодное мировое потребление свинца составляет около 3 млн. тонн. Вместе с тем свинец является антропогенным источником загрязнения окружающей среды и относится к первой категории опасных веществ. Отравление от него – «сатурнизм» может быть хроническим и острым.

Фундаментальные исследования металлических сплавов на основе свинца, установление закономерности их изменения физико-химических свойств в зависимости от природы легирующих добавок, особенно с лантанидами, являются важной научно-прикладной задачей современного материаловедения.

Результаты многочисленных исследований диаграммы состояния систем Pb-Ln (где Ln – лантаниды) обобщены в фундаментальном справочнике [1]. Установлено образование интерметаллидов (ИМ) составов Pb<sub>3</sub>Ln, Pb<sub>2</sub>Ln, Pb<sub>4</sub>Ln<sub>3</sub>, PbLn, Pb<sub>10</sub>Ln<sub>11</sub>, Pb<sub>4</sub>Ln<sub>5</sub>, Pb<sub>3</sub>Ln<sub>5</sub>, PbLn<sub>2</sub> и PbLn<sub>3</sub>. Анализ литературных сведений о важных прикладных характеристиках ИМ – температуре плавления [2-4] заметно отличается, а сведения об их энтальпии плавления вовсе отсутствуют. Поэтому трудно установить закономерности изменения их в зависимости от природы лантанидов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Настоящая работа является продолжением исследований физико-химических характеристик сплавов систем Pb-La [5-7]. Работа посвящена получению и определению и/или уточнению теплофизических свойств – температуры и энтальпии плавления ИМ, богатых лантанидом составов Pb<sub>10</sub>Ln<sub>11</sub>, Pb<sub>4</sub>Ln<sub>5</sub> и Pb<sub>3</sub>Ln<sub>5</sub>. Исходные металлы для получения сплавов соответствующих составов имели следующие квалификации: Pb – С2 (ГОСТ3778-89) и La-Э 0 ОСТ 48-295-85

Образцы сплавов на основе алюминия с добавками лантанида (массой 10г) получены в вакуумной печи сопротивления типа СНВЭ-1.3.1/16 ИЗ. Плавление шихты, помещённой в тигле из оксида алюминия, проводили в среде инертного газа при избыточном давлении 0,15 МПа. Соотношение шихты и состав получаемых сплавов были выбраны исходя из данных диаграммы состояния Ln - Pb, где Ln - La и Ce таким образом, чтобы охватить составы ИМ. Химический состав и структура полученных образцов сплавов систем алюминий – лантаниды определены методом сканирующего электронного микроскопа.

Расчёт и системный анализ теплофизических свойств – температуры и энтальпии плавления ИМ, богатых лантанидом составов Pb<sub>10</sub>Ln<sub>11</sub>, Pb<sub>4</sub>Ln<sub>5</sub> и Pb<sub>3</sub>Ln<sub>5</sub>, проведены применением полуэмпирического метода, разработанного авторами работ [8,9]. Используя уточнённые нами значения температуры плавления сплавов, рассчитаны величины энтальпии плавления ИМ указанных составов полуэмпирическим методом [8,9] (расчёт-1) и по формуле, приведённой в работе [10] (расчёт-2).

Отсутствующие в литературе значения температуры плавления ИМ для лантана (La), гадолиния (Gd) и лютеция (Lu), которые являются базовыми, определены методами сравнительного расчёта [11]. Подход основан на сходстве электронного строения внешних электронных орбиталей (6s<sup>2</sup>5d<sup>1</sup>) и доминирующем влиянии имеющихся электронов 4f-орбитали (4f<sup>0</sup>; 4f<sup>7</sup>; 4f<sup>14</sup>) на свойства атомов элементов и их соединений [12-14].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблице 1 обобщены литературные сведения [2-4] по температуре плавления ИМ составов Pb<sub>10</sub>Ln<sub>11</sub>, Pb<sub>4</sub>Ln<sub>5</sub> и Pb<sub>3</sub>Ln<sub>5</sub> и рассчитанные нами значения энтальпии плавления ИМ указанных составов. Исправлены величины температуры плавления некоторых ИМ (обозначены \*), которые явно выпадают из установленной общей закономерности. Закономерности изменения температуры плавления (T<sub>пл.</sub>, К) ИМ La, Gd и Lu в зависимости от их порядкового номера лантанидов (N) являются прямолинейными и описываются уравнениями T<sub>пл.</sub>=11,0N+954 (ИМ состава Pb<sub>10</sub>Ln<sub>11</sub>), T<sub>пл.</sub>=12,857N+910,14 (для Pb<sub>4</sub>Ln<sub>5</sub>) и T<sub>пл.</sub>= 3,5714N+1714,4 (для Pb<sub>3</sub>Ln<sub>5</sub>) при R<sup>2</sup>=0,99.

Таблица 1.

Температура (T<sub>пл.</sub>, К) и энтальпия плавления (ΔH<sup>0</sup><sub>пл.</sub>, кДж/ моль-атомов) интерметаллидов систем Pb-Ln

Состав	Функции	Источник	Лантаниды цериевой подгруппы						
			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu
Pb <sub>10</sub> Ln <sub>11</sub>	T <sub>пл.</sub>	P-1	1581*	1617	1638	1654	1665	1671	1672

Состав	Функции	Источник	Лантаниды цериевой подгруппы							
			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	
	$\Delta H_{пл.}^0$	Лит.	1581*	-	1638	-	-	1138	-	
		P-1	19,23	19,06	18,89	18,89	19,06	19,39	19,89	
		P-2	19,23	18,93	19,00	18,99	19,21	19,58	20,22	
Pb <sub>4</sub> Ln <sub>5</sub>	T <sub>пл.</sub>	P-1	1643*	1697	1728	1750	1763	1767	1670	
		Лит.	1643*	-	1728	-	-	1733	-	
	$\Delta H_{пл.}^0$	P-1	20,25	20,12	19,97	19,99	20,18	20,54	20,05	
Pb <sub>3</sub> Ln <sub>5</sub>	T <sub>пл.</sub>	P-1	1918*	1851	1805	1784	1788	1816	1620	
		Лит.	-	-	1768	-	-	1853	1418	
	$\Delta H_{пл.}^0$	P-1	21,45	19,87	18,79	18,30	18,39	19,08	18,35	
Pb <sub>10</sub> Ln <sub>11</sub>	T <sub>пл.</sub>	P-1	1658*	1680	1691	1702	1713	1724	1672	1735*
		Лит.	1498	-	-	-	-	-	-	1735*
	$\Delta H_{пл.}^0$	P-1	20,40	20,31	20,19	20,22	20,38	19,68	20,1	21,52
Pb <sub>4</sub> Ln <sub>5</sub>	T <sub>пл.</sub>	P-1	1733	1793	1828	1852	1865	1867	1745	1823
		Лит.	1733	-	1828	-	-	-	-	1823
	$\Delta H_{пл.}^0$	P-1	21,59	21,94	22,11	22,28	22,47	22,66	19,87	22,88
Pb <sub>3</sub> Ln <sub>5</sub>	T <sub>пл.</sub>	P-1	1943	1959	1968	1974	1978	1979	1820	1968
		Лит.	1943	-	1968	-	-	-	-	1968
	$\Delta H_{пл.}^0$	P-1	22,11	22,35	22,48	22,58	12,66	22,72	20,19	22,69
	$\Delta H_{пл.}^0$	P-2	22,11	22,65	22,63	22,76	22,84	21,79	19,19	22,69

Примечание: \* - величины оценены нами.

Системный анализ теплофизических свойств: температуры и энтальпии плавления ИМ - проведён полуэмпирическим методом [8,9] (Расчет-1). Расчет произведен по следующему корреляционному уравнению

$$A_{Pb(x)Ln(y)} = A_{Pb(x)La(y)} + \alpha N_f + \beta S + \gamma' S_{(Ce - Eu)} (\gamma'' L_{(Tb - Yb)}) \quad (1)$$

Коэффициенты уравнения (1) учитывают влияние: -  $\alpha$  - 4f - электронов,  $\beta$ - и  $\gamma$  - спин (S) - и орбитальных (L) - моментов движения атомов и ионов лантанидов на определяемую величину (A) - температуру плавления (T пл.) и энтальпию плавления ИМ ( $\Delta H_{пл.}^0$ ). Коэффициент  $\gamma'$  - относят к лантанидам цериевой подгруппы,  $\gamma''$  - к металлам иттриевой подгруппы. Метод применён успешно для аналогичных металлических систем [5]. Величины коэффициентов уравнения (1), приведенные в таблице 2, позволяют установить долевое участие каждого компонента уравнения (1) на величину определяемой характеристики ИМ.

Таблица 2

Значения коэффициентов корреляционного уравнения (1)

ИМ	Параметр	$\alpha$	$\beta$	$\gamma'$	$\gamma''$
Pb <sub>10</sub> Ln <sub>11</sub>	$\Delta H_{пл.}^0$	0,164	0,006	-0,167	-0,138
	T пл., К	11,00	0	4,8	0
Pb <sub>4</sub> Ln <sub>5</sub>	$\Delta H_{пл.}^0$	0,188	0,006	-0,17	-0,008
	T пл., К	12,86	0	9,29	11,28
Pb <sub>3</sub> Ln <sub>5</sub>	$\Delta H_{пл.}^0$	0,088	0,014	-0,588	0,022
	T пл., К	3,57	0	-24,68	2,88

Расчёт энтальпии плавления ИМ составов Pb<sub>10</sub>Ln<sub>11</sub>, Pb<sub>4</sub>Ln<sub>5</sub> и Pb<sub>3</sub>Ln<sub>5</sub> произведён по формуле [10] (расчёт-2)

$$\Delta H_{пл.}^0, Pb_xLn_y = T_{пл.}^{ИМ} (\gamma \Delta H_{пл.}^{Ln} / T_{пл.}^{Ln} + \chi \Delta H_{пл.}^{Pb} / T_{пл.}^{Pb}) / \chi + \gamma \quad (2)$$

Хорошее совпадение справочных и рассчитанных нами температур плавления большинство ИМ (за исключением для Pb<sub>10</sub>Sm<sub>11</sub>, Pb<sub>4</sub>Sm<sub>5</sub>, Pb<sub>10</sub>Gd<sub>11</sub>, Pb<sub>3</sub>Pr<sub>5</sub> и Pb<sub>3</sub>Eu<sub>5</sub>) указывает о правомочности применённого полуэмпирического метода [9] и достоверности полученных данных. Рассчитанные нами величины

энтальпии плавления ИМ составов  $Pb_{10}Ln_{11}$ ,  $Pb_4Ln_5$  и  $Pb_3Ln_5$  (таблица 1), по уравнениям (1) и (2) согласуются между собой. При расчёте энтальпии плавления ИМ использованы справочные [2,4] и уточнённые нами величины температуры плавления лантанидов [15].

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные наиболее полные сведения по температуре и энтальпии плавления ИМ систем Pb-Ln (таблица 1) позволили провести системный анализ данных и установить закономерности изменения теплофизических свойств спавов в зависимости от природы лантанидов. Графики закономерности изменения температуры плавления ИМ в зависимости от природы лантанидов (рисунок 1 (а) и (б)) показывают, в целом, рост температуры плавления ИМ с увеличением порядкового номера лантанидов с чётким разделением по цериевой и иттриевой подгруппам лантанидов, отклонением характеристики ИМ систем Pb-Eu и Pb-Yb, известное как «тетрад-эффект». Отклонение характеристик сплавов систем Pb-Eu и Pb-Yb от общей закономерности обусловлено частичным ( $f^7$  для Eu) или полным заполнением ( $f^{14}$  для Yb) 4f-орбиталей электронами.

Для ИМ составов  $Pb_{10}Ln_{11}$  и  $Pb_4Ln_5$  графики в подгруппах имеют идентичный характер в виде кривых изогнутых вверх (рисунок 1 (а)). Для ИМ состава  $Pb_3Ln_5$  цериевой подгруппы график отличается и имеет вид кривой изогнутой вниз с минимумом для сплава  $Pb_3Nd_5$  (рисунок 1 (б)).

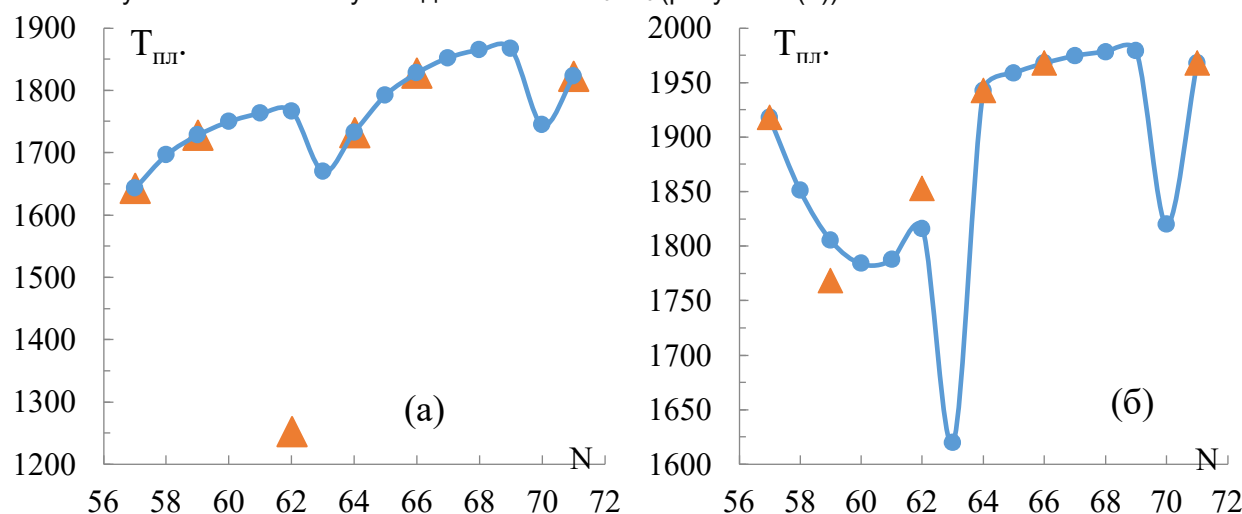


Рисунок 1. График зависимости изменения температуры плавления ( $T_{пл.}$ , K) ИМ составов  $Pb_4Ln_5$  (а) и  $Pb_3Ln_5$  (б) от порядкового номера ( $N$ ) лантанидов: ▲ – литература; ● – расчёт.

Графики закономерности изменения энтальпии плавления ИМ составов  $Pb_{10}Ln_{11}$ ,  $Pb_4Ln_5$  и  $Pb_3Ln_5$  в зависимости от природы лантанидов изображены на рисунках 2 (а) и 2 (б). Для ИМ составов  $Pb_{10}Ln_{11}$  и  $Pb_4Ln_5$  графики в подгруппах лантанидов имеют идентичный характер в виде кривых согнутых вниз. График закономерности изменения свойства ИМ состава  $Pb_3Ln_5$  цериевой подгруппы имеет прямолинейный вид (рисунок 2 а). В целом с ростом порядкового номера лантанидов наблюдается увеличение величины энтальпии плавления ИМ.

Математическое моделирование данных проведено по стандартной программе MICROSOFT EXCEL. Обработка данных произведена отдельно для цериевой и иттриевой подгрупп лантанидов. При расчётах не учтены значения термодинамических характеристик для ИМ европия и иттербия.



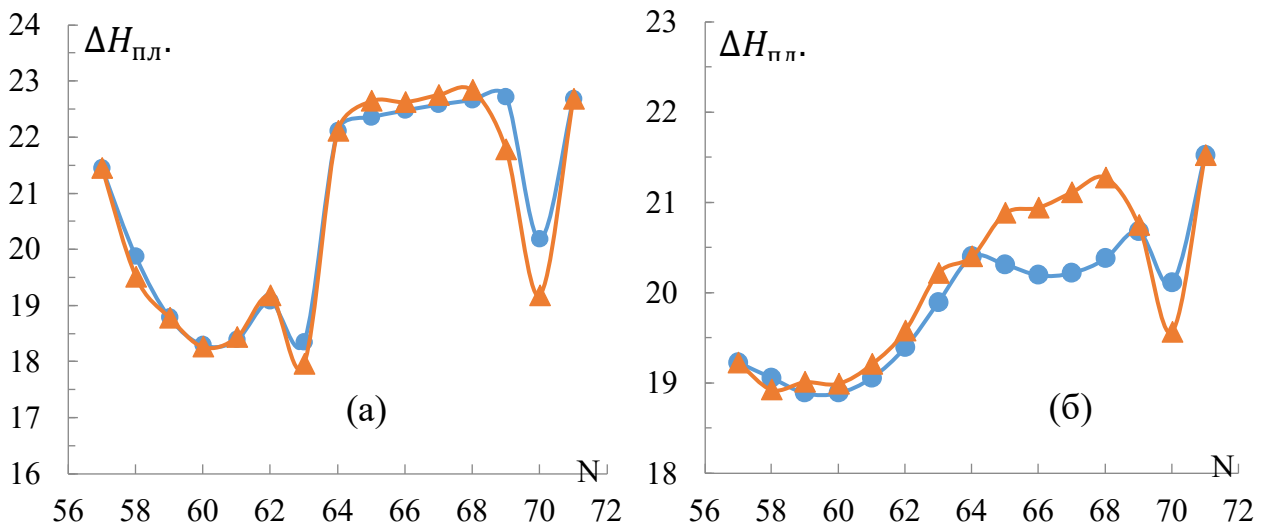


Рисунок 2. Графики зависимости изменения энтальпии плавления

( $\Delta H_{пл}$ , кДж/моль-атомов) ИМ составов  $Pb_3Ln_5$  (а) и  $Pb_{10}Ln_{11}$  (б) от порядкового номера (N) лантанидов: ● – расчёт 1, ▲ – расчёт 2.

Полученные математические уравнения закономерности изменения термодинамических характеристик ИМ в зависимости от природы лантанидов приведены в таблице 3. Тренды имеют полиномиальный характер при степени достоверности  $R^2=0,99$ .

Таблица 3

Уравнения закономерности изменения свойств ИМ от природы лантанидов

ИМ	Вид уравнения		ИМ	Вид уравнения	
$Pb_{10}Ln_{11}$	а	$T_{пл} = -3,0548N^2 + 381,1N - 10217$	$Pb_3Ln_5$	а	$T_{пл} = 12,023N^2 - 1451,4N + 45583$
	б	$T_{пл} = -0,947N^2 + 138,5N - 3327,6$		б	$T_{пл} = -1,751N^2 + 239,8N - 6235,3$
	а	$\Delta H_{пл} = 0,0738N^2 - 8,75N + 278,6$		а	$\Delta H_{пл} = 0,2862N^2 - 34,5N + 1060,2$
	б	$\Delta H_{пл} = 0,0549N^2 - 7,25N + 259,7$		б	$\Delta H_{пл} = -0,0186N^2 + 2,5N - 67,3$
$Pb_4Ln_5$	а	$T_{пл} = -5,7908N^2 + 713,1N - 20186$			
	б	$T_{пл} = -6,7497N^2 + 923,7N - 29735$			
	а	$\Delta H_{пл} = 0,0683N^2 - 8,1N + 258,9$			
	б	$\Delta H_{пл} = -0,0122N^2 + 1,8N - 45,2$			

Примечание: - (а) – цериевая -; (б) – иттриевая подгруппы лантанидов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что с увеличением содержания свинца в ряду ИМ составов  $Pb_{10}Ln_{11} \rightarrow Pb_4Ln_5 \rightarrow Pb_3Ln_5$  наблюдается повышение температуры и энтальпии плавления ИМ. В ряду систем  $Pb-La \rightarrow Pb-Gd \rightarrow Pb-Lu$  относительное повышение температуры плавления ИМ изученных составов составляет  $\Delta T_{пл} = 337 \rightarrow 285 \rightarrow 233$ , соответственно.

Полученные сведения пополняют банк термодинамических характеристик металлических систем новыми данными, позволяют синтезировать материалы с заранее заданными, «запрограммированными» характеристиками.

### Литература

1. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Под ред. акад. РАН Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1996, 1997, 2001, т.1-3, 992, 1024, 1320 с.
2. Термические константы веществ: Справочник. М.: АН СССР, ВИНТИ, ИВТ, 1978. Вып.8. Ч.2. 533 с.
3. Лебедев В.А., Кобер В.И., Ямщиков Л.Ф. Термохимия сплавов редкоземельных и актиноидных элементов. Справ. Изд. – Челябинск М.: Металлургия, Челябинское отделение, 1989. – 336 с.
4. Волков, А.И., Жарский И.М. Большой химический справочник. Минск: Современная школа, 2005. 608 с.

5. Ходжаев Ф.К., Эшов Б.Б., Бадалов А. Закономерности изменения термодинамических характеристик интерметаллидов систем свинец – лантаноиды, богатых свинцом.- Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». 2017.Т.17. №3. С.21-27.DOI:10.14529/met170303.
6. Хайдаров А.М., Эшов Б. Б., Пирова Ш.Х., Бадалов А. Б.. Закономерности изменения термодинамических характеристик интерметаллидов систем свинец – лантаниды цериевой подгруппы и их моделирование. - Известия Академии Наук Республики Таджикистан, отд. физ.- мат., хим., геол. и тех. наук , 2018, №3, с: 66-73.
7. Эшов Б.Б., Хайдаров А.М., Хамроев Р., Бадалов А. Моделирование закономерности изменения температуры плавления интерметаллидов систем свинец – лантаниды, бедных свинцом. - Вестник ТНУ, серия естественных наук, 2021, №7-8, с.392-398.
8. Полуэктов Н.С., Мешкова С.Б., Коровин Ю.В., Оксиденко И.И. Корреляционный анализ в физико-химии соединений трёхвалентных ионов лантаноидов.- Докл. АН СССР, 1982, т. 266, №5, с.1157 – 1159.
9. Мешкова, З.Б., Полуэктов Н.С., Топилова З.М., Данилкович М.М. Гадолиниевый излом в ряду трехвалентных лантаноидов. – Коорд. хим., 1986, Т. 12, вып. 4, с. 481 – 484.
10. Баянов А.П. Расчет энтальпии образования соединений редкоземельных элементов на основе кристаллохимических характеристик. – Изв. АН СССР, неорган. матер., 1973, т. 9, № 6, с. 959 – 963.
11. Киреев В.А. Методы практических расчётов в термодинамике химических реакций. – М.: Химия, 1975, 536 с.
12. Ионова Г.В., Вохмин В.Г., Спицын В.И. Закономерности изменения свойств лантанидов и актинидов. – М.: Наука, 1990. – 240 с.
13. Byrne R.H., Li B. Comparative complexation behavior of the rare earth. - Geochim. Cosmochim. Acta. 1995. V. 59, № 22. P. 4575-4589.
14. Haas J.R., Shock E.L., Sassani D.C. Rare earth elements in hydrothermal systems: Estimates of standard partial molal thermodynamic properties of aqueous complexes of the rare earth elements at high pressures and temperatures. - Geochim. Cosmochim. Acta. 1995. V. 59. P. 4329-4350.
15. Чаманова М., Тсюан Тсзингжи, Мирзоев Ш. И., Бадалов А. Закономерности изменения термодинамических характеристик интерметаллидов состава  $Al_{11}Ln_3$  и лантаноидов (Ln).-Вестник ТТУ, №3 (35), 2016, с.38-45.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Рахмонов Бахтовар Шохусинович	Рахмонов Бахтовар Шохусинович	Rahmonov Bakhtovar Shohusinovich
ассистент	ассистент	assistant
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Simi
<a href="mailto:bakha_09_91@mail.ru">bakha_09_91@mail.ru</a>		
<a href="https://orcid.org/0000-0002-3304-219X">https://orcid.org/0000-0002-3304-219X</a>		

УДК 669.017:620.197

## ГАРМИҒУНҶОИШИ ХОС ВА КОЭФФИЦИЕНТИ ГАРМИДИҶИИ ХҶЛАИ РУҶИИ Zn5Al БО НИКЕЛ

Ғаниев И.Н., Алиев Ҷ.Н., Нарзуллоев З.Ф.

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ.

**Шарҳи мухтасар.** Гармиғунҷоиши хулаи рӯҳии Zn5Al бо никел дар речаи «хунукшавӣ» аз рӯи намунаи эталонии маълуми мисӣ муайян карда шуд. Дар натиҷаи коркарди қачхатаҳои сурьати хунукшавии намунаҳо аз хулаи рӯҳии Zn5Al бо никел ва намунаи меъёрӣ полиномҳое ба даст оварда шуданд, ки сурьати хунукшавии онҳоро тасвир менамоянд. Минбаъд аз рӯи бузургҳои бо тариқи таҷрибавӣ ёфташудаи сурьати хунукшавии намунаҳои аз хулаҳо ва намунаи меъёрӣ, ҳангоми қиматҳои муайянбудаи вазни онҳо полиномҳои вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши хулаҳо муқаррар карда шуда буданд, ки бо муодилаҳои қораломата тасвир ёфтаанд. Вобастагии ба даст овардашуда нишон медиҳанд, ки бо зиёд шудани ҳарорат гармиғунҷоиши хулаҳо меафзоянд. Бо вучуди ин иловаҳои никел гармиғунҷоиши хулаи ибтидоии Zn5Al –ро то ҳарорати 350K баланд мебардоранд, минбаъд пастшавии гармиғунҷоиш ба амал меояд.

**Калимаҳои калидӣ:** хулаи рӯҳии Zn5Al, никел, намунаи меъёрӣ, речаи «хунукшавӣ», гармиғунҷоиш, коэффитсиенти гармидиҳӣ.

### УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЕМОСТЬ И КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОТДАЧИ ЦИНКОВОГО СПЛАВА Zn5Al С НИКЕЛЕМ

**Аннотация.** Теплоемкость цинкового сплава Zn5Al с никелем определялась в режиме «охлаждения» по известной теплоемкости эталонного образца из меди. Для чего обработкой кривых скорости охлаждения образцов из цинкового сплава Zn5Al с никелем и эталона получены полиномы, описывающие их скорости охлаждения. Далее по экспериментально найденным величинам скоростей охлаждения образцов из сплавов и эталона при известных значениях их массы были установлены полиномы температурной зависимости теплоемкости сплавов, которые описываются четырехчленным уравнением. Полученные зависимости показывают, что с ростом температуры теплоемкость сплавов увеличивается. При этом добавки никеля увеличивают теплоемкость исходного сплава Zn5Al до температуры 350 K, далее происходит уменьшение теплоемкости.

**Ключевые слова:** цинковый сплав Zn5Al, никель, эталон, режим «охлаждения», теплоемкость, коэффициент теплоотдачи.

### SPECIFIC HEAT CAPACITY AND HEAT TRANSFER COEFFICIENT OF ZINC ALLOY Zn5Al WITH NICKEL

**Annotation.** The heat capacity of the zinc alloy Zn5Al with nickel was determined in the "cooling" mode from the known heat capacity of the reference copper sample. For this, polynomials describing their cooling rates were obtained by processing the curves of the cooling rate of samples made of zinc alloy Zn5Al with nickel and the standard. Further, according to the experimentally found values of the cooling rates of samples from alloys and the standard, at known values of their mass, polynomials of the temperature dependence of the heat capacity of the alloys were established, which are described by a four-term equation.

The obtained dependences show that the heat capacity of the alloys increases with increasing temperature. In this case, nickel additions increase the heat capacity of the initial Zn5Al alloy to a temperature of 350 K, and then the heat capacity decreases.

**Key words:** zinc alloy Zn5Al, nickel, standard, "cooling" mode, heat capacity, heat transfer coefficient.

## Сарсухан

Тадқиқоти мақсаддори равандҳои зангзанӣ ва коркарди воситаҳои босамари муҳофизати металлҳо, ки чувствуйи роҳҳои нав ва сарфакоронаи истифода бурдани масолеҳҳои конструксиониро дурандешӣ менамояд, ба рӯйхати масъалаҳои аз ҳамма муҳим дохил мешаванд. Муҳофизати металлҳо ва иншоотҳои металлӣ аз зангзанӣ ва коркарди хулаҳои ба зангзанӣ тобовар масъалаи марказии ҳалталаби кимиёи замони муосир ва физикаи металлҳо ба ҳисоб меравад [1-2].

Хулаҳои рӯҳии таркибҳои гуногун асосан ба сифати рӯйпӯши муҳофизатии маснуотҳои металлӣ истифода бурда мешаванд [3-8]. Васеъшавии доираҳои истифодабарии хулаҳои рӯҳӣ, махсусан дар муҳитҳои гуногун, тадқиқотҳои мураттаби физикӣ-кимиёвӣ ва ҳосиятҳои зангзанандагии хулаҳои сахтро бо иштироки элементҳои гуруҳи ҳаштуми ҷадвали Даврии элементҳо талаб менамояд.

Бо вучуди он дар адабиётҳо маълумот оиди ҳосиятҳои термодинамикӣ, ҳароратӣ ва устуворӣ ба зангзании хулаи Zn5Al (Galfan I) чӣ дар шароитҳои оддӣ, ва чӣ дар ҳароратҳои баланд вучуд надорад. Бинобар ҳамин аз тарафи мо тадқиқотҳои ҳосиятҳои физикаи гармои хулаи рӯҳии Zn5Al бо никел ҷавҳаронидашуда гузаронида шуда буд.

### Назарияи усул ва схемаи таҷҳизот

Хулаҳо барои тадқиқот дар оташдони конии муқовимати барқии навъи СШОЛ дар фосилаи ҳароратҳои 650-700°C аз рӯҳи тамғаи Ц1 (ГОСТ 3640-94), алюминийи тамғаи А7 (ГОСТ 11069 - 2001) ва ҷавҳариҳои он бо никел (6% Ni) ба даст оварда шуда буданд. Ҷавҳариҳои алюминий бо никел пешакӣ дар оташдони вакуумӣ дар зери фишори гази инертӣ синтез карда шуда буданд. Миқдори никел дар хулаи Zn5Al бо %-и вазн 0,01; 0,05; 0,1; 0,5-ро ташкил медиҳад. Барқашии гудоза дар тарозуи таҳлили АРВ-200 бо дақиқии  $0,1 \cdot 10^{-6}$  кг иҷро карда шуд. Гудозатайёркунии хулаҳо бо назардошти ғубори металлҳо иҷро карда шуд. Оташдони муқовиматии барқии СШОЛ –ро то ҳарорати 750°C тафсонид, алюминий ва рӯҳро гудохтем, сипас ҷавҳариҳои алюминийро бо никел ба гудохта ҳамроҳ намудем. Баъди як вақти муайяни нигоҳдорӣ дар зери ҳарорати

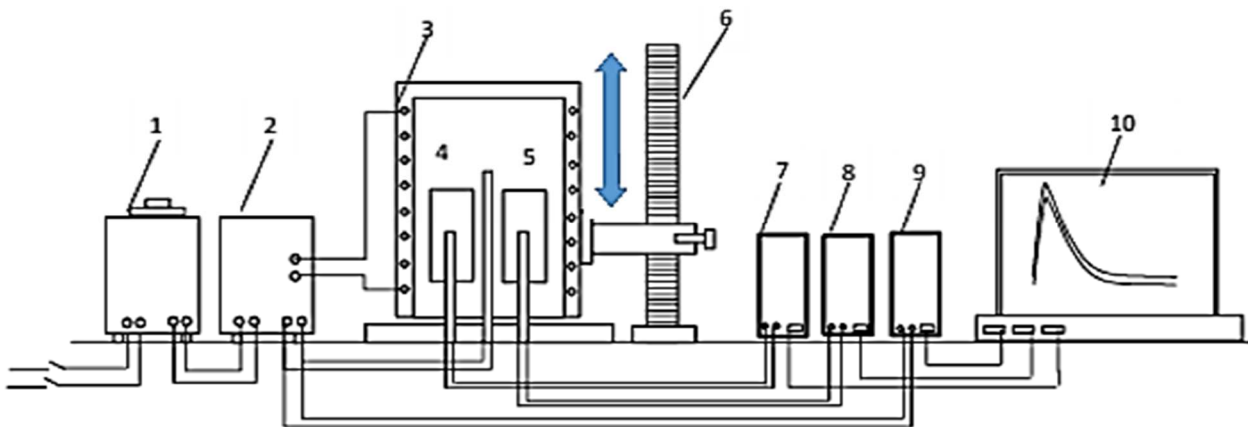
зарурӣ то 30 дақиқа, бодикқат гудохтаро омехта карда дашғолашро гирифтём. Аз гудохтаи ба вучуд омада дар қолиби рехтагарии графитӣ намунаҳо бо қутрҳои 16 мм ва дарозии 30 мм рехтем.

Таркиби хӯлаҳои ҳосилкардашуда интихобӣ бо таҳлили кимиёвӣ тафтиш карда шуд, инчунин баркашидани намунаҳо то ва баъди гудохтан. Дар минбаъд ба тадқиқот хӯлаҳои дучор гардиданд, ки фарқ дар вазн то ва баъди гудохтан аз 2% (нис.) зиёдтар ташкил наметод.

Гармиғунҷоиши хӯлаи руҳии Zn5Al бо никелро дар «хунукшавӣ» дар таҷҳизоте, ки схемааш дар расми 1 нишон дода шудааст, чен кардем. Оташдони барқӣ (3) дар тиргаке (6) насб карда шудааст, ки дар он метавонад поён ва боло ҷой иваз кунад (тирча самти ҳаракатро нишон медиҳад). Намуна (4) ва эталони (намунаи меъёрӣ) стандартӣ (5), (инчунин мутаҳаррик) устувонаи дарозиаш 30 мм ва қутраш 16 мм бо дар як тарафаш сӯроҳӣ пармакардашуда, ки дар онҳо термopараҳо (4 ва 5) гузошта мешаванд. Охириҳои термopар пайваस्त карда шудаанд бо термopарои рақамӣ «Мултиметри рақамии DI9208L» (7, 8 ва 9). Оташдони барқӣ аз автотрансформатори озмоишӣ (ЛАТР) (1) ба кор дароварда мешавад, ки дар он бо ёрии термостат (2) ҳарорати дилхоҳро муқаррар кардан мумкин аст.

Ҳароратро аз рӯи нишондодҳои термopараҳои рақамӣ дар компютер (10) назорат карда намуна ва эталонро ба дохили оташдон ҷойгир менамоем ва то ҳарорати зарурӣ метафсонем. Дар як вақт намуна ва эталонро аз оташдони барқӣ берун оварда ва аз ҳамин лаҳза ҳароратро муқаррар менамоем. Нишондоди термометри рақамӣ ҳар як 10 сония дар компютер то ҳамон лаҳзае, ки намуна ва эталон то ҳарорати хонагӣ хунук шудан ба қайд гирифта мешавад.

Методикаи муфассали тадқиқоти гармиғунҷоиши хӯлаҳо дар қорҳои [9-10] тавсиф ёфтаанд.



Расми - 1. Схемати таҷҳизот барои муайян кардани гармиғунҷоиши ҷисмҳои сахт дар речии «хунукшавӣ».

Барои муайян кардани суръати хунукшавӣ қачхатаҳои хунукшавии намунаҳо сохта шудаанд. Қачхатаҳои хунукшавӣ худ вобастагии ҳарорати намунаро аз вақт ҳангоми хунукшавии он дар ҳаво ифода менамоем. Графики вобастагии ҳарорати намунаҳо аз вақти хунукшавӣ ва вобастагии ҳароратии суръати хунукшавии хӯлаи Zn5Al -и бо никел ҷавҳаронидашуда ва эталон дар расми 2 оварда шудаанд.

Вобастагии ба даст овардашудаи ҳарорат аз вақти хунукшавӣ барои намунаҳо аз хӯлаҳо бо муодилаи намуди дар зер овардашуда тавсиф карда мешаванд.

$$T = T_0 + \frac{1}{2} \left[ (T_1 - T_0) e^{-t/\tau_1} + (T_2 - T_0) e^{-t/\tau_2} \right], \quad (1)$$

дар ин ҷо:  $a, b, p, k$  – доимиҳо барои намунаи мазкур,  $t$  – вақти хунукшавӣ.

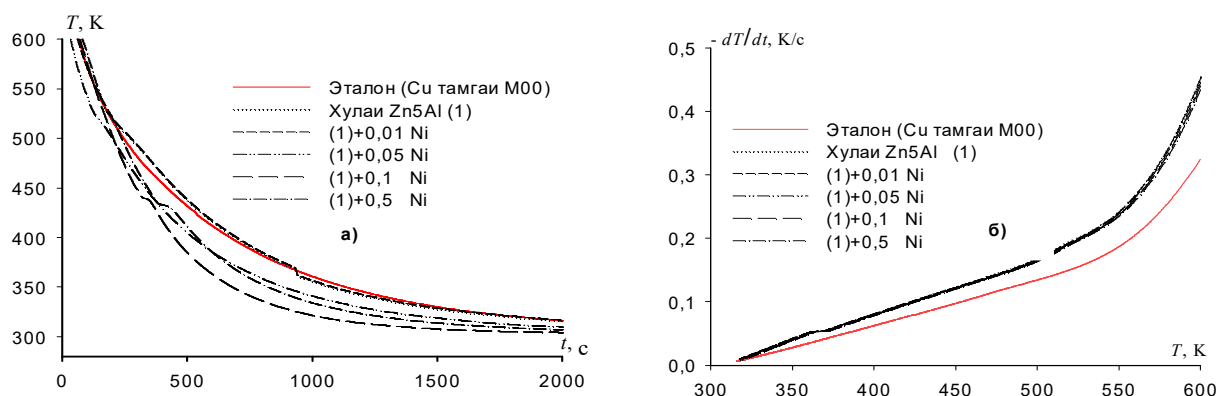
Ҳангоми дифференциал ёфтани муодилаи (1) аз рӯи  $t$  барои суръати хунукшавии намунаҳо аз хӯлаи Zn5Al соҳиб мегардем

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{2} \left[ -\frac{T_1 - T_0}{\tau_1} e^{-t/\tau_1} - \frac{T_2 - T_0}{\tau_2} e^{-t/\tau_2} \right]. \quad (2)$$

Ҳисоби гармиғунҷоиши хӯлаҳо аз рӯи муодилаи зерин иҷро намудем

$$C_{p_2}^0 = \frac{c_{p_1}^0 m_1 \left(\frac{dT}{dt}\right)_1}{m_2 \left(\frac{dT}{dt}\right)_2}, \quad (3)$$

дар ин ҷо:  $C_{p_1}^0$  – гармиғунҷоиши эталон,  $m_1$  ва  $m_2$  – вазни намунаҳо аз эталон ва хӯлаҳои тадқиқотшаванда, ба таври мувофиқ.



Расми - 2. Графики вобастагии ҳарорати намунаҳо ( $T$ ) аз вақти хунуқшавӣ ( $t$ ) (а) ва вобастагии ҳарорати суръати хунуқшавӣ аз ҳарорат (б) барои хӯлаи Zn5Al, бо никел чавҳаронидашуда ва эталон (Cu тамгаи M 00).

Бо назардошти суръати хунуқшавии намунаҳо дар натиҷаи таҷриба барои вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши хоси хӯлаи руҳии Zn5Al дар фосилаи ҳароратҳои 300-600 K муодилаи зерин дарёфт карда шуд

$$C_p^0 = a + bT^2 + cT^3 + dT^4. \quad (4)$$

Барои дарёфти коэффитсиентҳо дар муодилаи (4), ки вобастагии гармиғунҷоиши хосро аз ҳарорати хӯлаи руҳии Zn5Al бо никел тасвир менамоянд, барномаи *Sigma Plot*-ро истифода намудем. Бузургҳои коэффитсиентҳои муодилаи (4) дар ҷадвал пешниҳод карда шудаанд.

Дар расми 3, а вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши хоси хӯлаи руҳии Zn5Al ва эталон оварда шудаанд. Қиматҳои ҳисобии коэффитсиенти гармидиҳии хӯлаи Zn5Al бо никел вобаста аз ҳарорат дар расми 3, б пешниҳод карда шудаанд.

Ҷадвал

Қиматҳои коэффитсиентҳои  $a, b, c, d$  дар муодилаи (4) барои хӯлаи руҳии Zn5Al бо никел ва эталон (Cu тамгаи M00)

Миқдори никел дар хӯла, %-и вазн	$a$ , Ҷ/(кг·К)	$b \cdot 10^{-4}$ , Ҷ/(кг·К <sup>2</sup> )	$c \cdot 10^{-7}$ , Ҷ/(кг·К <sup>3</sup> )	$d \cdot 10^{-10}$ , Ҷ/(кг·К <sup>4</sup> )	Коэффитсиенти коррелятсия R <sup>2</sup>
Сплав Zn5Al	0,4916	5,92	0,142	8,002	0,9996
0,01	0,2624	7,61	-0,119	8,481	0,9987
0,05	0,2624	7,65	-0,120	8,501	0,9987
0,1	0,2633	7,72	-0,121	8,551	0,9987
0,5	0,2639	7,79	-0,122	8,552	0,9987
Эталон	0,3245	2,75	-2,872	1,421	1,0000

Дар асоси маълумотҳо аз рӯи гармиғунҷоиши хӯлаи руҳии Zn5Al ва эталон ва бузургҳои бо роҳи таҷрибавӣ ба даст овардашудаи суръатҳои хунуқшавӣ, коэффитсиенти гармидиҳӣ  $\alpha$  (Вт/(К·м<sup>2</sup>)) аз рӯи формулаи зерин ҳисоб карда шуда буд

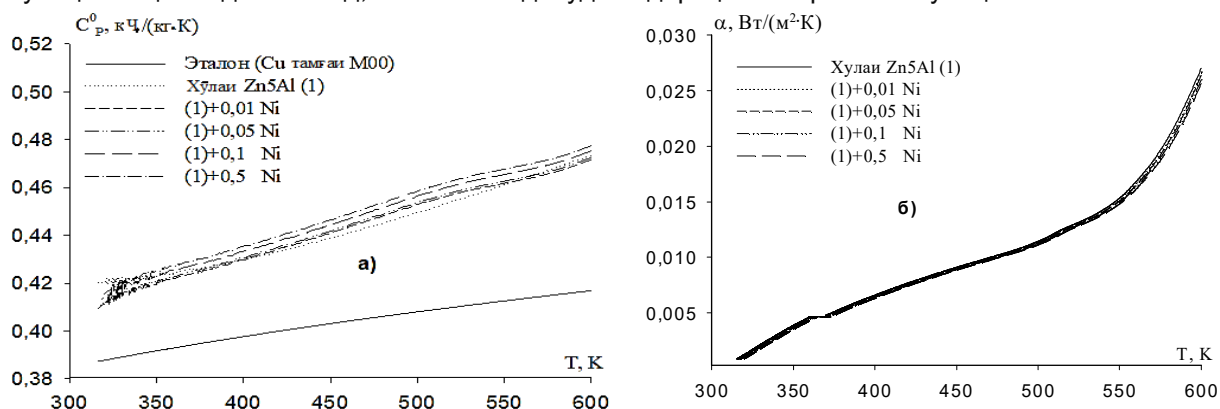
$$\alpha = \frac{C_p^0 m \frac{dT}{dt}}{(T - T_0) \cdot S}, \quad (5)$$

дар ин ҷо:  $T$  ва  $T_0$  – ҳарорати намуна ва муҳити атроф,  $S$  ва  $m$  – масоҳати сатҳ ва вазни намуна, ба таври мувофиқ.

### Хулоса

1. Дар реҷаи «хунуқшавӣ» аз рӯи гармиғунҷоиши муайяни намунаи эталонии мисӣ гармиғунҷоиши хӯлаи руҳии Zn5Al бо никел муқаррар карда шуд. Бо ёрии вобастагҳои полиномии ба даст овардашуда нишон дода шудааст, ки бо зиёдшавии ҳарорат гармиғунҷоиш ва коэффитсиенти гармидиҳии хӯлаҳо меафзоянд. Иловаҳои никел дар фосилаҳои омӯхташавандаи миқдорҳо (0.01–0.5 %-и вазн) гармиғунҷоиширо андаке зиёд мекунад ва коэффитсиенти гармидиҳии хӯлаи ибтидоии Zn5Al -ро паст мекунад.

2. Афзоиши гармиғунҷоиш ва пастшавии коэффитсиенти гармидиҳии хӯлаҳо аз миқдорҳои никел бо таъсири тағйир додани охири ба сохти хӯлаҳои руҳӣ алоқамандӣ дорад, ки бо тағйирёбии сохти дохилии хӯлаҳо алоқаманд мебошад, яъне бо зиёд шудани дараҷаи гетерогении хӯлаҳои сегона.



Расми - 3. Вобастагии ҳарорати гармиғунҷоиши хос (а) ва коэффитсиенти гармидиҳии (б) хӯлаи руҳии Zn5Al бо никел ва эталон (Cu тамгаи M00).

### Литература

1. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии / Под ред. И.В.Семеновой. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. 336с.
2. Кечин В.А., Люблинский Е.Я. Цинковые сплавы. М.: Металлургия. 1986. 247с.
3. Lendvay-Gyorik G., Meszaros G., Lengyel B. In Proceedings of the 9 th European Symposium on Corrosion Inhibitors // Ferrara University. Ferrara. 2000. -№ 2. -P. 725.
4. А.М. Лидер, Ю.С. Бордулев, Р.М. Галимов и др. Физический практикум. Часть 4. Термодинамика. Молекулярная физика. ФГБОУ ВПО «Томский политехнический университет». 2013. –183 с.
5. Низомов З., Гулов Б., Саидов Р.Х., Аvezов З. Измерение удельной теплоёмкости твердых тел методом охлаждения. Вестник национального университета. 2010, № 1. –С. 36-39.
6. Платунов, Е.С. Теплофизические измерения в монотонном режиме / Е.С. Платунов. –М.: Энергия, 1973. –144 с.
7. Khaled K.F. Theoretical study of the structural effects of polymethylene amines on corrosion inhibition of iron in acid solutions // Electrochimica Acta. - 2005.
8. Богута Д.Л., Руднев В.С., Яровая Т.П., Кайдалова Т.А., Гордиенко П.С. О составе анодно-искровых покрытий, формируемых на сплавах алюминия в электролитах с полифосфатными комплексами металлов // Журн. приклад. хим. -Москва, 2002. -№ 10 (78). -С. 1639-1642.
9. И.Н. Ганиев, Дж.Н. Алиев, Ф.М. Аминов. Влияние циркония на удельную теплоёмкость и изменение термодинамических функций цинкового сплава Zn55Al // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2020. Т. 22, №4. -С. 13-19.
10. Ганиев И.Н., Сафаров А.Г., Асоев М.Дж., Якубов У.Ш., Кабутов К. Температурная зависимость теплофизических свойств и термодинамических функций сплавов системы Al – Sn // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2021. №1 (35). С. 35-41.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Ганиев Изатулло Наврӯзович	Ганиев Изатулло Наврӯзович	Ganiev Izatullo Navruzovich
д.и.х., профессор	д.х.н., профессор	Doctor of chemical science, professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осим	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
<a href="mailto:ganiev48@mail.ru">ganiev48@mail.ru</a>		
ORCID Id 0000-0001-7307-0059		
TJ	RU	EN
Алиев Чамшед Насридинович	Алиев Джамшед Насридинович	Aliev Jamshed Nasridinovich
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	Candidat of engineering sciences
ДТТ ба номи академик М.С. Осим	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
<a href="mailto:jamshedaliiev0672@gmail.com">jamshedaliiev0672@gmail.com</a>		
ORCID Id 0000-0001-7307-0059		
TJ	RU	EN
Нарзуллоев Зубайдулло Файзуллоевич	Нарзуллоев Зубайдулло Файзуллоевич	Narzulloev Zubaidullo Fayzulloevich
-	-	-
ДТТ ба номи академик М.С. Осим	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
<a href="mailto:ZNarzulloev1972@mail.ru">ZNarzulloev1972@mail.ru</a>		

ORCID Id [0000-0001-7307-0059](https://orcid.org/0000-0001-7307-0059)

УДК 669.715.046

## ВЛИЯНИЕ ОЛОВА И СВИНЦА НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВО-ЖЕЛЕЗОВОГО СПЛАВА АЖ2.18

С.С. Раджабалиев

Таджикский технический университет имени академика М. Осими

В работе представлены результаты исследования влияния олова и свинца на микроструктуру и механические свойства алюминиевого сплава АЖ2.18. Показано, что добавки легирующего компонента изменяют микроструктуру, твердость и прочность алюминиевого сплава АЖ2.18. Микроструктура алюминиевого сплава АЖ2.18 с оловом и свинцом представляет собой твердый раствор алюминия с включениями эвтектики, количество и размер которой зависит от содержания легирующего элемента в сплаве. Сплавы с относительно малыми добавками олова и свинца характеризуются довольно крупнозернистой структурой. Дальнейшее повышение содержания легирующего компонента измельчает микроструктуру, алюминиевого сплава АЖ2.18, и она становится однородной и мелкозернистой. Твердость алюминиевого сплава АЖ2.18 с оловом и свинцом была определена по методу Бринелля со стальным закаленным шариком, диаметр которого составляет 10 мм. В результате исследования установлено, что с ростом концентрации легирующих элементов твердость и предел прочности алюминиевого сплава АЖ2.18 увеличиваются. Среди сплавов, легированных оловом и свинцом, наилучшими механическими свойствами обладают сплавы со свинцом.

**Ключевые слова:** алюминиевый сплав АЖ2.18, олово, свинец, механические свойства, структура, твердость, прочность.

## ТАЪСИРИ ҚАЛЪАГӢ ВА ҚӢРҒОШИМ БА СОХТИ ТАРКИБИ ВА ХОСИЯТИ МЕХАНИКИИ ХӢЛАИ АЛЮМИНИЙ АЖ2.18

Дар кори маскур натиҷаҳои тадқиқот оид ба таъсири қалъагӣ ва қӯрғошим ба сохти таркиби ва хосиятҳои механикии хӯлаи алюминий АЖ2.18 нишон дода шудааст. Муқарар карда шуд, ки иловаи элементҳои лигарӣ сохти таркибии хӯлаи алюминий АЖ2.18 – ро тағйир дода саҳти ва мустаҳкамии онро зиёд мекунад. Сохти таркибии хӯлаи алюминий АЖ2.18 бо иловаи қалъагӣ ва қӯрғошим аз маҳдули саҳти алюминий бо иловаҳои эвтектикӣ иборат буда микдор ва андозаҳои он аз микдори элементҳои лигарӣ дар хӯла вобастааст. Хӯлае, ки дар таркибаш микдори қалъагӣ ва қӯрғошим доранд сохти таркибиашон аз донаҳои калонандоза иборат мебошанд. Бо зиёдшавии микдори элементҳои лигарӣ андозаи донаҳои сохти таркиби хӯлаи алюминий АЖ2.18 хурд шуда он экчинса ва хӯрдандоза мешаванд. Саҳтии хӯлаи алюминий АЖ2.18 бо иловаҳои қалъагӣ ва қӯрғошим бо усули Бринел ва саракҳои сақошаки пӯлодини обутобдошудаи кутраш 10 мм муайян карда шуд. Дар натиҷаи тадқиқот муқарар карда шуд, ки бо зиёдшавии микдори элементҳои лигарӣ саҳтӣ ва ҳудуди устувории хӯлаи алюминий АЖ2.18 зиёд мешавад. Дар байни хӯлаҳои бо қалъагӣ ва қӯрғошим чавҳаронидашуда хосиятҳои хуби механикиро хӯлаи бо қӯрғошим чавҳаронидашуда доро мебошад.

**Калимаҳои калидӣ:** хӯлаи алюминий АЖ2.18, қалъагӣ, қӯрғошим, хосиятҳои механикӣ, сохти таркибӣ, саҳтӣ, мустаҳкамӣ.

## THE INFLUENCE OF TIN AND LEAD ON THE STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF ALUMINUM-IRON ALLOY AZH2.18

The paper presents the results of a study of the effect of tin and lead on the microstructure and mechanical properties of aluminum alloy AZH2.18. It is shown that the grooves of the alloying component changes the microstructure, hardness and strength of aluminum alloy AZH2.18. The microstructure of aluminum alloy AZH2.18 with tin and lead is a solid solution of aluminum with inclusions of eutectic, the amount and size of which depends on the content of the alloying element in the alloy. Alloys with relatively small additions of tin and lead are characterized by a rather coarse-grained structure. A further increase in the content of the alloying component grinds the microstructure of the aluminum alloy AZH2.18 and it becomes homogeneous and fine-grained. The hardness of the aluminum alloy AZH2.18 with tin and lead was determined by the Brinell method with a hardened steel ball with a diameter of 10 mm. As a result of the study, it was found that with an increase in the concentration of alloying elements, the hardness and tensile strength of the aluminum alloy AZH2.18 increase. Among the alloys alloyed with tin and lead, alloys with lead have the best mechanical properties.

**Keywords:** aluminum alloy AZH2.18, tin, lead, mechanical properties, structure, hardness, strength.

### Введение

В последние годы интерес к созданию и внедрению принципиально новых конструкционных материалов, обладающих повышенными механическими и демпфирующими свойствами по сравнению с традиционными материалами, возрастает. Поэтому разработка и исследование новых алюминиевых сплавов с различными легирующими компонентами, устойчивых к агрессивным средам и способных к рассеиванию энергии колебаний, являются весьма актуальными [1-3].

Одним из перспективных материалов в этом смысле является алюминиевый сплав АЖ2.18, который успешно может быть использован в качестве протекторного материала, так как не находит широкого применения в качестве конструкционного материала из-за высокого содержания железа в своём составе.

Сплавы на основе алюминия с добавлением железа и редкоземельных металлов также используются в качестве трансмиссионных материалов в электронике, для производства автомобильных и авиационных двигателей, проводов, кабелей, стержней, шин и других продуктов в электротехнической промышленности [4-20].

В литературе отсутствует информация о структуре и механических свойствах сплавов алюминия с железом, оловом и свинцом. На основе анализа имеющихся в литературе сведений сделан вывод о необходимости разработки сплавов на основе некондиционного алюминия путем легирования алюминиево-



железowego сплава состава АЖ2.18 оловом и свинцом с целью разработки состава конструкционных материалов.

### Материалы и методы исследования

При синтезе сплавов были использованы алюминий марки А0, железо-ч.д.а., олово чистотой 99.5 % и свинец – марки СЗС.

Сплавы были получены в шахтной печи сопротивления типа СШОЛ в интервале температур 800-8500С. Предварительно была получена алюминиево-железовая лигатура с содержанием железа 2.18%.

Изучение микроструктуры является одним из главных средств исследования алюминия и алюминиевых сплавов. Это дает возможность определять влияние различных деформационных и термических обработок на свойства готовой алюминиевой продукции, а также анализировать причины ее брака.

Исследования позволяют наблюдать изменения микроструктуры в зависимости от состава и температуры. Удастся точно определить протяженность границы гомогенных и гетерогенных областей, а также наличие интерметаллидных фаз в системе. Микроструктуру алюминиевого сплава АЖ2.18 с оловом и свинцом исследовали на световом микроскопе марки БИОМЕД-1 (Украина).

Для исследования микроструктуры исследуемых образцов из полученного расплава отливались цилиндрические образцы диаметром 15 мм и длиной 20 мм. Каждый образец предварительно отшлифовывали, обезжиривали спиртом и погружали в реактив общего назначения 0,5%-ный водный раствор HF, время травления составляло от 30 до 50 с.

После травления микрошлиф промывали в проточной воде и тщательно высушивали прижатием к чистой фильтровальной бумаге [4,5].

### Результаты исследования

Микроструктура алюминиевого сплава АЖ2.18 с оловом и свинцом представляет собой твердый раствор алюминия с включениями эвтектики, количество и размер которой зависит от содержания легирующего элемента в сплаве. Сплавы с относительно малыми добавками олова и свинца характеризуются довольно крупнозернистой структурой. Дальнейшее повышение содержания легирующего компонента измельчает микроструктуру алюминиевого сплава АЖ2.18, и она становится однородной и мелкозернистой (рис. 1, 2).

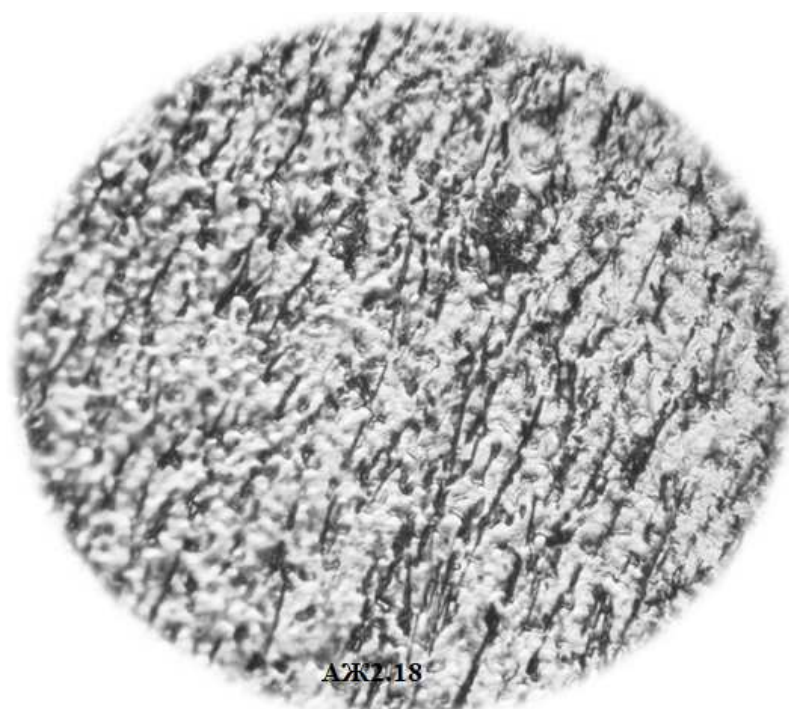


Рисунок 1 - Микроструктура (x500) алюминиевого сплава АЖ2.18

Механические свойства являются важнейшей характеристикой алюминиевых сплавов. Основными параметрами механических свойств являются твердость и предел прочности. Твердость - это способность сплавов сопротивляться более твердому телу, чем они сами. Сущность определения твердости позволяет без разрушения и изготовления судить о качестве сплавов.

Твёрдость алюминиевого сплава АЖ2,18 с оловом и свинцом была определена по методу Бринелля со стальным закаленным шариком, диаметр которого составляет 10 мм. Между твердостью по Бринеллю и пределом прочности металла существует приближенная зависимость.

$$\sigma_B = k \cdot HB, \text{ МПа.}$$

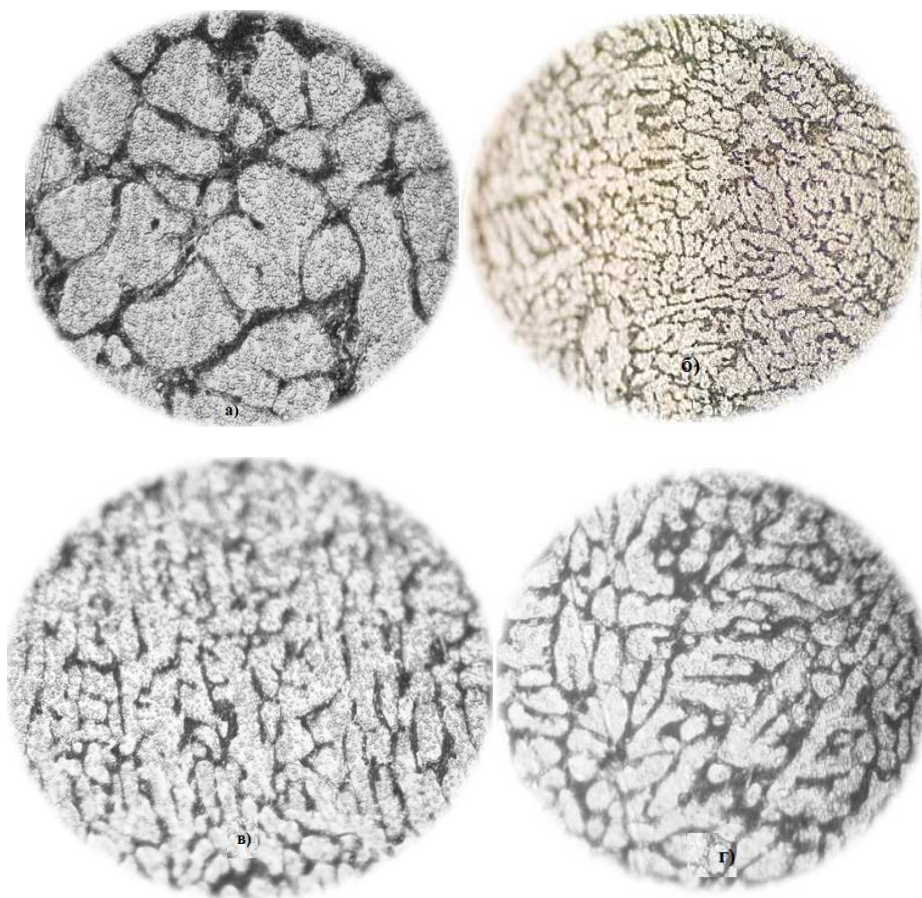


Рисунок 2 – Микроструктуры (x500) алюминиевого сплава АЖ2.18 с оловом, мас.‰: 0,1 (б); 0,5 (в) и свинцом, мас.‰: 0,1 (г); 0,5 (д).

Значение  $k$  для алюминиевых сплавов равно 0,25. С учётом этого пересчитаны значения предела прочности ( $\sigma_B$ ) алюминиевого сплава АЖ2.18. Результаты расчетов представлены в таблице.

Таблица

Твёрдость и прочность алюминиевого сплава АЖ2.18 с оловом и свинцом

Содержание легирующего компонента в сплаве, мас.‰	Твёрдость HB, кг/мм <sup>2</sup>	Расчетная прочность $\sigma_B$ , МПа
АЖ2.18 (1)	25.17	62.95
(1)+0,1%Sn	30.98	77.45
(1)+0,5%Sn	31.85	79.62
(1)+0,1%Pb	23.76	59.40
(1)+0,5%Pb	49.76	124.40

В результате исследования установлено, что с ростом концентрации легирующих элементов твердость и предел прочности алюминиевого сплава АЖ2.18 увеличиваются. Среди сплавов, легированных оловом и свинцом, наилучшими механическими свойствами обладают сплавы со свинцом.

## ВЫВОД

Микроструктура алюминиевого сплава АЖ2.18 исследована с помощью микроскопа БИОМЕД-1. Показано, что легирующие добавки свинца и олова в количестве до 0,5 мас.‰ способствуют измельчению алюминиево-железистой эвтектики в структуре сплавов.

Расчетным методом определен предел прочности сплава АЖ2.18 с оловом и свинцом, легирование увеличивает твердость и прочность исходного сплава.

### Литература

1. Луц А.Р., Суслина А.А. Алюминий и его сплавы. Самара: Самарск. Гос. тех. универ. 2013-81с.
2. Горо Н. Коррозия алюминия и его сплавов. // Босеку гидаюзу, 1978, с.194-202с.
3. Кудрявцев Н. Т. Электролитические покрытия металлами. М.: Хими. 1979. 351с.
4. Мальцев М.В. Металлография промышленных цветных металлов и сплавов. . 2-е изд. Москва Metallurgia 1970,240 с.
5. Гоулдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., Джой Д., Фиори Ч., Лифшин Ф. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: в двух книгах. Пер. с англ.- М.: Мир, 1984.- 303 с.
6. Механические свойства металлов и сплавов и методы их определения: методические указания. / Сост. Т.Ю. Малеткина. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 2015. – 27 с.
7. Рахимова, Н.О. Влияние ванадия на микроструктуру и механические свойства алюминиевого сплава АБ1/ Н.О.Рахимова, М.З. Курбонова, И.Н.Ганиев, С.С. Раджабалиев // Республиканская научно-теоретическая конференция на тему «Основы развития и перспективы химической науки в Республике Таджикистан», посвященной 60-летию химического факультета и памяти д.х.н., профессора, академика АН РТ Нумонова Ишанкула Усмоновича. – Душанбе 2020г. – С.163-165.
8. Рахимова Н.О. Влияние титана, ванадия и необия на микроструктуру и механические свойства алюминиевого сплава АБ1/ Н.О. Рахимова, М.З. Курбонова, И.Н. Ганиев, Раджабалиев С.С.// Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. –№2. –2020. –С. 187-195.
9. Иброхимов, С.Ж. Влияние скандия на физико-химические свойства сплава АМг4/ Иброхимов С.Ж., Эшов Б.Б., Ганиев И.Н., Иброхимов Н.Ф. // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. – 2014. –т.16. –№4. –С.256-260.
10. Иброхимов, Н.Ф. Твердость сплава АМг6, легированного редкоземельными металлами/ Иброхимов Н.Ф., Ганиев И.Н., Эшов Б.Б. //Материалы Республиканской научной конференции «Проблемы современной координационной химии», посвященной 60-летию чл.-корр. АН РТ, д.х.н., проф. Аминджанова А.А. – Душанбе ТНУ, –2011. –С. 202-203.
11. Караев, П.Н. Влияние кальция на микроструктуру и механические свойства алюминиевого сплава АМг2/ Караев П.Н., Ганиев И.Н., Иброхимов Н.Ф., Раджабалиев С.С.// Материалы Республиканской научно-практической конференции «Инновационное развитие науки» с участием международных организаций г.Душанбе 2020. –С.78-80

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Рачабалиев Сафомудин Сайдалиевич	Раджабалиев Сафомудин Сайдалиевич	Rajabaliyev Safomudin Saydaliyevich
н.и.т., и.в. дотсент	к.т.н., и.о. доцента	Candidat of engineering sciences
ДТТ ба номи академик М.С. Осим	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
safo_02@mail.ru		
ORCID Id 0000-0003-1427-4224		

УДК 620.181.544

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИНИИ МОНОВАРИАНТНОГО РАВНОВЕСИЯ В РАСПЛАВАХ СИСТЕМ ИНДИЙ-ХАЛЬКОГЕНЫ (СЕРА, СЕЛЕН И ТЕЛЛУР)

К.Б. Нуров<sup>1</sup>, А.С. Джафаров<sup>1</sup>, Т. Д. Джураев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айни,

<sup>2</sup>Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими

**Аннотация.** В данной работе приводятся результаты определения линии предельного насыщения (моновариантного равновесия) на диаграммах состояния систем индий-халькогены методом измерения скорости распространения ультразвука. Установлены координаты критического распада гомогенного расплава на гетерогенные фазы.

**Ключевые слова:** диаграмма состояния, моновариантное равновесие, метод измерения скорости распространения ультразвука, расслаивание расплавов, индий-халькогены.

### МУАЙЯН НАМУДАНИ ХАТӢ МУВОЗИНАТИИ МОНОВАРИАНТӢ ДАР ГУДОХТАХОИ СИСТЕМАИ ИНДИЙ-ХАЛКОГЕН

Дар кори мазкур нагиљаҳои муайян кардани координатаи таназзули критикӣ дар системаҳои In-BVI (дар ин ҷо BVI S, Se, Te) суръати паҳншавии ултрасадо оварда шудааст. Дар асоси маълумотҳои таърибавӣ хатҳои мувозинати моновариантӣ сохта шуданд, ки минтақаи мазкурро мепайвандад. Координатҳои нуктаҳои критикӣ муқаррар карда шудаанд (барорати критикӣ ва таркиби критикӣ).

Ключевые слова: методи ултрасадо, суръати паҳншавии ултрасадо, диаграммаи ҳолат, ба қабатҳои ҷудошавии гудохтаҳои системаҳои нимноқилӣ ва металлӣ.

### DETERMINATION OF THE MONO-VARIANT EQUILIBRIUM LINE IN MELTS OF THE INDIUM-CHALCOGENES SYSTEMS (SULFUR, SELENIUM AND TELLURIUM)

In this article has given information, regarding to the results of determining the coordinate of the critical decay in the In - BVI systems (where BVI - S, Se, Te) by measuring the propagation velocity of ultrasound. On the basis of the experimental data, the lines of monovariant equilibrium were constructed, which bound the indicated region. The coordinates of the critical points (critical temperature and critical composition) have been established.

**Key words:** ultrasonic method, ultrasound propagation velocity, phase diagram, melt separation, metal and semiconductor systems.

## Введение

Диаграммы состояния индий-халькогены построены [1]. Фазовое равновесие в системе In-S исследовано в интервале концентрации от 0 до 70% ат. % S. В системе обнаружен ряд химических соединений. В области, богатой индием, установлено существование монотектического равновесия.

Диаграмма состояния системы In-Se изучена, и установлено образование конгруэнтно и инконгруэнтно плавящихся интерметаллидов. В системе в области составов с высоким содержанием индия имеет место расслаивание компонентов в жидком состоянии. Однако границы несмешиваемости и точные координаты критического распада не установлены.

Диаграмма фазового равновесия сплавов системы In-Te изучена в ряде работ. Фазовое равновесие системы In-Te на основании данных работы [2-4] с уточнениями и дополнениями [5-6] построено. Однако область существования расслаивания и образование нескольких интерметаллидов в системе подвергаются сомнению или имеются в литературе расхождения.

В связи с этим представляет определенный интерес исследование и уточнение границ несмешиваемости индия с халькогенами и установление монотектического типа взаимодействия в расплавах, богатых индием.

Халькогениды – это соединения с халькогенами: серой, селеном и теллуром. Халькогениды металлов используются в различных областях техники: оптоэлектронике, акустоэлектронике, детекторах ионизирующих излучений и т.д. [2].

Халькогениды индия являются перспективными материалами для оптоэлектронных и термоэлектрических преобразователей. Используются они и для легирования полупроводниковых соединений AIBVI, AIIIBV, AVIBVI. Особые возможности практического применения связаны со слоистой структурой бинарных (двойных) соединений полупроводников. В конденсированных средах упругий импульс распространяется от атома к атому через межатомные связи, и поэтому изменение последних существенно отражается на скорости его распространения. Следовательно, скорость распространения ультразвука является тонкой характеристикой, чувствительной к изменениям характера химической связи.

### Методика измерения скорости ультразвука

В настоящее время акустические исследования являются мощным средством для получения информации о взаимодействии компонентов в расплавленном состоянии.

Суть метода заключается в измерении и анализе скорости распространения ультразвука  $v_s$  - характеристики среды, чувствительной к ее составу и строению [4].

На рис. 1 представлены схема измерительной ячейки для определения скорости распространения ультразвука в расслаивающемся расплаве и характер изменения скорости по высоте.

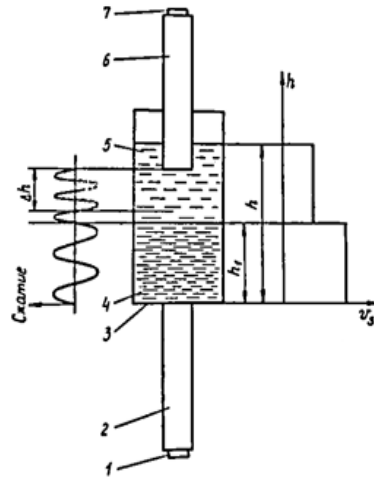


Рис. 1. Схема измерительной ячейки для определения скорости распространения ультразвука в расплаве и характер ее изменения по высоте расплава при наличии расслоения на две жидкие фазы.

Перемещая верхний подвижной звукопровод при помощи микрометрического винта на расстояние  $\Delta h = n\lambda$ , получаем возможность зафиксировать значение скорости распространения ультразвука на участке  $\Delta h$ .

Последовательно зондируя расплав путем перемещения верхнего звукопровода, можно установить изменение скорости распространения ультразвука по высоте исследуемого расплава и обнаружить скачок ее при переходе через фазовую границу между областями 4 и 5. На рис. 1 слева схематически показано, как в расплаве от нижнего до верхнего звукопровода распространяется синусоидальная плоская волна, длина которой в нижнем слое больше, чем в верхнем. Пространственное распределение фаз волны имеет стационарный характер, т.е. в любой момент времени, кратный периоду колебания  $nT$  в плоскости, расположенной на произвольном расстоянии от дна контейнера, реализуется одна и та же фаза волны.

При перемещении верхнего звукопровода вниз на расстояние  $n\lambda$  (в данном случае  $n=2$ ) на экране осциллографа с дифференциальным блоком усиления, на второй вход которого подается когерентный синусоидальный сигнал от того же генератора, который вырабатывает и зондирует расплав напряжения, наблюдаются  $n$  погасания суммарного сигнала. Регистрируя общее перемещение  $\Delta h = n\lambda$  и задавая частоту  $f$ , скорость ультразвука находим по соотношению  $v_s = f \frac{\Delta h}{n}$ , которое тождественно очевидной формуле  $v_s = f \cdot \lambda$ . Поскольку длина волны, определяемая как  $\lambda = \frac{\Delta h}{n}$ , есть составляющая толщины расплава  $\Delta h$ , то и скорость  $v_s$  относится именно к этому объему расплава. Зондируя расплав в области расслаивания при различных температурах, можно обнаружить исчезновение или появление границы между слоями, т.е. зафиксировать температуру начала расслаивания, а также, используя значения скорости распространения ультразвука в первом и во втором слоях при каждой данной температуре, можно построить зависимость  $v_s$  выше области расслаивания у сплавов определенного состава и проэкстраполировать ее до пересечения с кривой зависимости  $v_s$  вдоль купола расслаивания. Точки пересечения соответствуют температурам начала расслаивания сплавов определенных составов. В результате получаем всю необходимую информацию о координатах фигуративных точек, образующих кривую моновариантного равновесия жидкость – жидкость на Т-х диаграмме состояния.

Таким образом, граница между слоями выявляется эффективно, чем при визуальном наблюдении в прозрачных расслаивающихся жидкостях.

### Экспериментальные результаты

В качестве исходных материалов для приготовления сплавов использовали индий чистотой 99,999% и серу, селен, теллур, соответственно. Образцы сплавляли в откачанном до  $10^{-4}$  Па и запаянных кварцевых ампулах. При температурах плавления индия и селена образцы выдерживали в течение 2 часов,

основное сплавление проводили при 950K в течение 3 часов при интенсивном механическом перемешивании и, наконец, охлаждали на воздухе при одновременном встряхивании ампул до затвердевания образцов. Измерения проводили в атмосфере высокочистого аргона в интервале частот 1-3 МГц. Основные особенности методики исследования расслаивающихся расплавов металлов и полупроводников ультразвуковым методом описаны в [4-5].

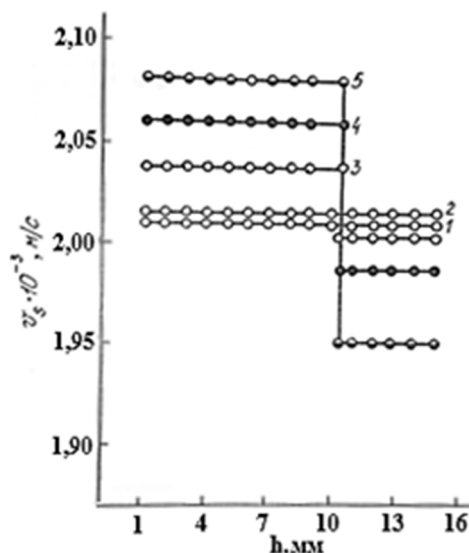


Рис. 2. Изменение скорости распространения ультразвука по высоте столба жидкости в расплаве исходного состава  $\text{In}_{0,83}\text{Se}_{0,17}$  1-5 соответствует температурам 930, 917, 910, 903, 893 К.

На рис. 2 представлены результаты экспериментального исследования скорости распространения ультразвука  $v_s$  в зависимости от высоты  $h$  столба жидкости образца исходного состава  $\text{In}_{0,83}\text{Se}_{0,17}$  при различных температурах. Видно, что при 930 и 917 К (соответственно линии 1 и 2)  $v_s - h$ -характеристики представляют собой прямые, параллельные оси  $h$ , т.е. скорость распространения ультразвука не зависит от высоты, что свидетельствует об однородности расплава. Но при 910 К на  $v_s - h$ -характеристике (линия 3) наблюдается скачок скорости ультразвука. Ступенька однозначно устанавливает факт расслаивания расплава на две жидкие фазы, различающиеся по величине скорости распространения ультразвука. Далее при 903 и 893 К величина ступеньки  $\Delta v_s$  последовательно растет (рис.2, линии 4 и 5), что говорит об увеличении концентрационного разрыва в сосуществующих слоях с понижением температуры.

Как видно на рис. 2, ступеньки  $v_s - h$ -характеристик 3-5 фиксируются с большой точностью на одной и той же высоте. Тот факт, что граница между слоями при изменении температуры удерживается в одном положении, свидетельствует лишь о перераспределении атомов компонентов без изменения объема фаз. Поэтому можно предложить, что данный состав является критическим. Поскольку температура расслаивания фиксируется достаточно точно, то температуру  $v_s - h$ -характеристики 3 (910 К) можно считать близкой к критической.

Данные, представленные на рис. 3, позволяют построить зависимость скорости распространения ультразвука вдоль линии монвариантного равновесия жидкость - жидкость. Для этого необходимы значения, отвечающие верхней и нижней ветвям  $v_s - h$ -характеристик на рис. 2, представить в зависимости от температуры. В результате получаем общую кривую, отвечающую зависимости скорости распространения ультразвука вдоль купола расслаивания (см. рис. 3).

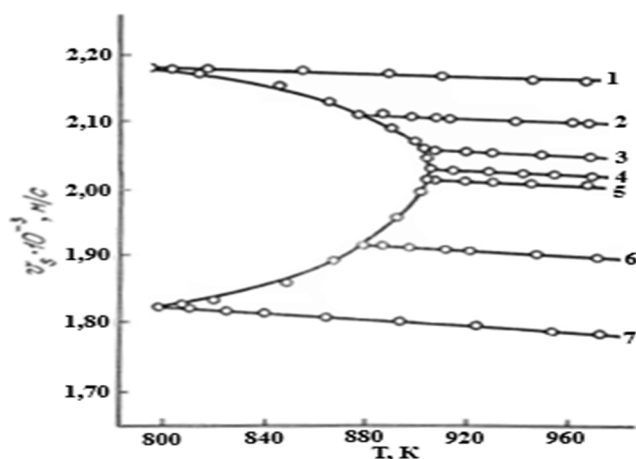


Рис. 3. Температурно – концентрационная зависимость скорости распространения ультразвука в расплавах системы In-Se. Политермы 1-7 соответствуют образцам, содержащим 4, 10, 15, 17, 20, 25 и 30 ат. % селена.

Этот результат в свою очередь позволяет построить линию моновариантного равновесия жидкость-жидкость на диаграмме состояния системы In-Se. Для этого нужно установить зависимость скорости распространения ультразвука от температуры для расплавов различного состава при температурах выше области расщепления и экстраполировать эту зависимость до пересечения с кривой, характеризующей зависимость  $v_s$  вдоль купола расщепления. Точки пересечения и определяют координаты фигуративных точек линии моновариантного равновесия жидкость – жидкость.

Исходя из этого, исследовали температурную зависимость скорости распространения ультразвука  $v_s$  7 составов ( см. рис. 3). Из рисунка видно, что температурные зависимости скорости распространения ультразвука выше температуры расщепления (рис. 3, политермы 1-7 соответственно) носят линейный характер, что позволяет надежно экстраполировать их до пересечения с кривой зависимости скорости распространения ультразвука вдоль купола расщепления.

Из рис. 3 видно, что при  $T > T_{кр}$  все политермы имеют отрицательный наклон к оси температур. Такое изменение скорости распространения ультразвука при  $T > T_{кр}$  вполне объяснимо, так как выше  $T_{кр}$  имеется однородный раствор. Как видно по рисунку, никаких аномалий на политермах не обнаружено. Они линейно спадают с температурой, начиная от температур расщепления.

В соответствии с выводами в работах [6-7] этот факт говорит о том, что нет выраженного развития крупномасштабных флуктуаций концентрации в расплавах данной системы. Построенная по данным, представленным на рис. 3, кривая моновариантного равновесия жидкость-жидкость в системе In- Se приведена на рис. 4-(б) в виде фрагмента диаграммы фазовых равновесий.

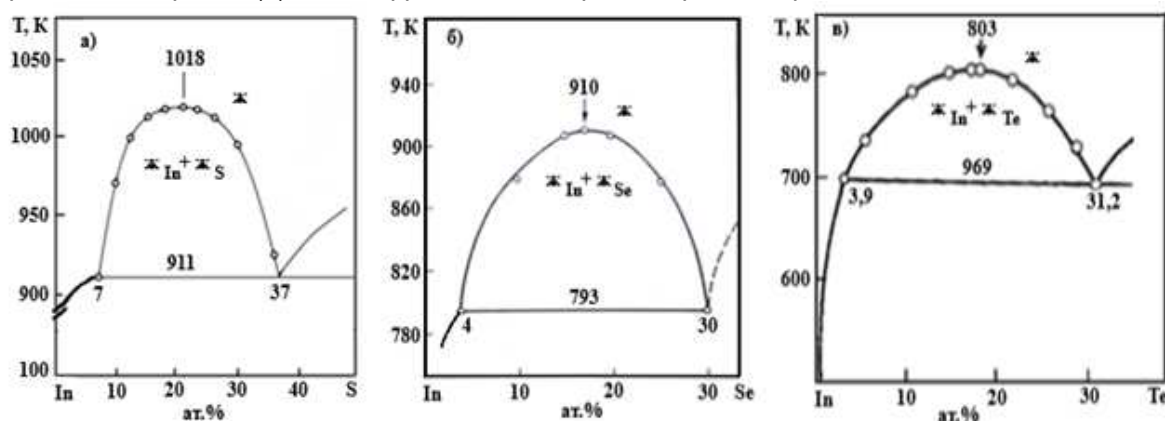


Рис. 4. Фрагмент диаграмм фазовых равновесий систем In-S, In-Se и In-Te, иллюстрирующих положение кривой моновариантного равновесия жидкость-жидкость в сочетании с монотектической горизонталью.

Видно, что кривая моновариантного равновесия жидкость-жидкость в системе индий-селен характеризуется симметричной бинодалью. В данной системе установлены координаты критической точки: температура - 910 K, состав - 17 ат. % Se.

Аналогичным образом были построены диаграммы состояния системы In-S. На рис. 4-(а) приведены диаграммы состояния системы In-S в области расщепления расплавов. Согласно полученным экспериментальным данным купол расщепления в этой системе симметричен и опирается на

монотектическую горизонталь с крайними точками при составах 7 и 37 ат. % серы. В системе In-S установлены следующие координаты критической точки: температура - 1018 К, состав - 21 ат. % S.

В системе In-Te этим методом были проведены исследования температурной зависимости ( $\vartheta_s$ -h) - характеристик в расплавах, содержащих 6, 11, 15, 18, 18.35, 22, 26, 29 ат. % Te.

В системе In-Te были обнаружены аномалии на политемах  $\vartheta_s$ , суть которых заключается в том, что зависимость  $\vartheta_s \sim f(T)$  проходит через пологий максимум, прежде чем становится линейной. Указанные аномалии распространяются на довольно широкий температурный интервал и наиболее выражены у сплава критического состава (18.35 ат % Te).

Согласно [8-9] расплавы системы In-Te являются полуметаллическими, т.е. межатомные связи в них реализованы не только по металлическому типу, но и по ковалентному. Наличие в расплавах ковалентных связей обусловлено присутствием атомов теллура, склонных к образованию этих связей в силу известной специфики строения внешних электронных оболочек. Мы предлагаем, что наблюдаемые аномалии скорости распространения ультразвука в расплавах этой системы обусловлены именно возможностью сосуществования двух типов межатомных связей, что наряду с флуктуациями концентрации должно способствовать формированию значительных флуктуаций плотности. Характер же изменений последних при нагревании расплавов собственно и должен быть физической причиной возникновения аномалий на температурной зависимости скорости распространения ультразвука.

Результаты проведенных исследований дают экспериментальную информацию, на основании которой можно построить кривую моновариантного равновесия, ограничивающую область распада на диаграмме фазовых равновесий системы In-Te. На рис.4(в) приведены результаты такого построения.

Для системы In-Te установлены следующие координаты критической точки: температура -  $(803 \pm 2)$  К, состав - 18,35 ат. % Te, остальное In.

### Выводы

С использованием ультразвукового метода исследована и уточнена область распада в системах In -  $V^{\text{VI}}$  (где  $V^{\text{VI}}$  – S, Se, Te), Построены кривые моновариантного равновесия, ограничивающие указанную область. Экспериментальные результаты показали, что купол распада для всех изученных систем практически симметричен.

Показано, что исследование скорости распространения ультразвука является эффективным и надежным методом для построения кривых моновариантного равновесия жидкость-жидкость в расплавах бинарных металлических и полупроводниковых систем.

### Литература

1. Диаграммы состояния двойных металлических систем. / Под общей редакцией академика РАН Н.П. Лякишева М.:2001. Т.3. кн.1.872с.
2. Зломанов В.П., Новоселова А.В. Р-Т-х- диаграммы состояния систем металл – халькоген. Москва, Наука - 1987. -208с.
3. Регель А.Р., Глазов В.М., Ким С.Г. - Акустические исследования структурных изменений при нагреве расплавов полупроводников и полуметаллов. ФТП, -1986, -Т.20, -В.8, -С.1353 – 1376.
4. Нуров К.Б. Акустическое исследование распада расплавов полупроводниковых и металлических систем. М.: Дисс. на соиск. уч. степ. канд. хим. наук. -1989. -168с.
5. Нуров К.Б. Основные особенности методики исследования расплавов металлов и полупроводников. Вестник ТНУ. Душанбе, -2015, -№1/4 (168). -С. 127-130.
6. Глазов В.М. и др. Исследование распада расплавов в системе Sb-Se акустическим методом/ В.М. Глазов, С.Г. Ким., К.Б. Нуров// Известия АН СССР, Неорганические материалы. -1990. -Т.26, -№3, -С.526-529.
7. Ходжаев Ф.К., Нуров К.Б. Исследование области распада в системе Cu-Pb импульсно- фазовым методом/ Ф.К.Ходжаев, К.Б.Нуров// Вестник Южно-Уральского Государственного университета, Серия металлургия. -2019,-Т.19,- №4,-С.4-9
8. Глазов В.М., Ким С.Г. Изучение закритических явлений в расплавляющихся расплавах систем Ga-Te и In-Te акустическим методом/ В.М. Глазов, С.Г. Ким// Журнал физическая химия. -1987,-Т.61,-№8,-С.2171-2178.
9. Глазов В.М., Ким С.Г. Акустические исследования распада и закритических явлений в электронных расплавах/ В.М.Глазов, С.Г. Ким// Докл. АН СССР. -1986. -Т.290, -№4, -С.873-876.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Нуров Курбонали Бозорович	Нуров Курбонали Бозорович	Nurov Kurbonali Bozorovich
Номзади илмҳои химия, дотсент	Кандидат химических наук, доцент	Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
ТГПУ им. С.Айни	ТГПУ им. С.Айни	TSPU named after S. Aini



<a href="mailto:nurov-58@mail.ru">nurov-58@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Чафаров Амиршо Сайобидович	Джафаров Амиршо Сайобидович	Jafarov Amirsho Sayobidovich
Аспирант	Аспирант	Graduate student
ТГПУ им. С.Айни	ТГПУ им. С.Айни	TSPU named after S. Aini
<a href="mailto:jafarov_as@mail.ru">jafarov_as@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Чураев Тухтасун Чураевич	Джураев Тухтасун Джураевич	Juraev Tukhtasun Juraevich
доктор илми химия, профессор	доктор химических наук, профессор	doctor of chemical sciences, professor
ТТУ им. акад. М.С.Осими	ТТУ им. акад. М.С.Осими	TTU named after Academician M.S.Osimi
<a href="mailto:mcm45@mail.ru">mcm45@mail.ru</a>		

УДК 620.181.544

**МУАЙЯН НАМУДАНИ МИҚДОРИ МЕТАЛЛҲОИ ВАЗНИН ДАР ТАРКИБИ ГИЁҲИ ШИФОБАХШИ ШИРИНБИЯ (GLYCYRRHÍZA GLÁBRA)****М.Ҷ. Шомаҳмадов<sup>1</sup>, Х.И.Қодирова<sup>1</sup>, С.Ф.Абдуллаев<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав<sup>2</sup>Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

**Аннотасия:** Ин мақола ба омӯзиши металлҳои вазнин (V, Cr, Ni, Co, Cu, Zn, MnO, As, TiO<sub>2</sub>, Sr, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ва Pb) дар таркиби гиёҳи шифобаҳши ширинбия (лот. Glycyrrhíza glábra) баҳшида шудааст. Дар таркиби хок ва ширинбия титан мавҷуд нест, ӯамчунин арсен дар хок ва танҳо дар пойи ширинбия дарёфт гардид. Коэффитсиенти чамъшавии (КЧ) барои кобалт (3.47), сурб (1.77) ва рух (1.35) аз як зиёд аст. Муқаррар карда шуд, ки гузариши пуршиддати Co аз хок ба реша аз меъёр зиёд аст ва коэффитсиенти шиддатнокии гузариш аз хок ба реша барои Co (4.02) ва Pb (1.49), зиёд буда, барои Sr (1.06), Cr (1), ва Zn (1.1) ба як наздик аст ва коэффитсиенти шиддатнокии барои Ni, Cu, MnO ва Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> аз як хурд мебошад. Гузариши MB аз поя ба барғҳо барои V (1.13), Cu (1), Ni (2.85), Cu (1.01), MnO (1.01), Sr (1.06), F<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1.28), Pb (1.67) аз як калон буда, барои кобалт (0.75) ва рух (0.87) аз як хурд аст. Гузариши MB барои оксиди манган, хром дар реша, поя ва барғи ширинбия барбар мебошад.

Калимаҳои калидӣ. Металлҳои вазнин, узвҳои ширинбия, хок, усули рентгенофлуорестсенсӣ, Спектрометр СПЕКТРОСКАН-МАКС\_G.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СОСТАВЕ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТЕНИЯ СОЛОДКОВОГО КОРНЯ (ЛАТ. GLYCYRRHÍZA GLÁBRA).**

**Аннотация.** Статья посвящена изучению тяжелых металлов (V, Cr, Ni, Co, Cu, Zn, MnO, As, TiO<sub>2</sub>, Sr, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Pb) в составе лекарственного растения солодки (лат. Glycyrrhíza glábra). Титан не содержится в почве и солодке, а мышьяк — в почве и только в основе солодки. Коэффициент накопления (КН) для кобальта (3,47), цинка (1,77) и цинка (1,35) больше единицы. Установлено, что интенсивный переход Co из почвы в корень превышал норму, а коэффициент интенсивности перехода из почвы в корень для Co (4,02) и Pb (1,49) больше для Sr (1,06), Cr (1) и Zn (1,1) и близок к единице, а коэффициент интенсивности для Ni, Cu, MnO и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> мал. Переход ТМ от стебля к листу больше единицы для V (1,13), Cu (1), Ni (2,85), Cu (1,01), MnO (1,01), Sr (1,06), F<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1,28), Pb (1,67), для кобальта (0,75) и цинка (0,87) меньше единицы. Превращение ТМ в марганец, окись хрома происходит варварски в корнях, стеблях и листьях солодки.

**Ключевые слова.** Тяжелые металлы, солодка, почва, рентгенофлуоресцентный метод, спектрометр Spectrum-Max\_G.

**RESEARCH OF HEAVY METALS IN GOLYCYRRHÍZA GLÁBRA**

This article is devoted to the study of heavy metals (V, Cr, Ni, Co, Cu, Zn, MnO, As, TiO<sub>2</sub>, Sr, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and Pb) in the composition of the medicinal plant licorice (lat. Glycyrrhíza glábra). Titanium is not found in the soil and licorice, and arsenic is found in the soil and only at the base of licorice. The coefficient of accumulation (CA) for cobalt (3.47), zinc (1.77) and zinc (1.35) is more than one. It was found that the intensive transfer of Co from the soil to the root exceeded the norm. and the coefficient of intensity of transition from soil to root for Co (4.02) and Pb (1.49) is greater for Sr (1.06), Cr (1), and Zn (1.1) and is close to one, and the coefficient of intensity for Ni, Cu, MnO and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> is a small one. The transition of HM from stem to leaf is greater than one for V (1.13), Cu (1), Ni (2.85), Cu (1.01), MnO (1.01), Sr (1.06), F<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1.28), Pb (1.67). for cobalt (0.75) and zinc (0.87) is less than one. The conversion of HM to manganese, chromium oxide is barbaric at the roots, stems and leaves of licorice.

**Keywords.** Heavy metals, licorice, soil, X-ray fluorescence method, Spectrum Spectrum-Max\_G.

**Муқаддима**

Афзоиши доимии аҳоли ва рушди босуръати истеҳсолот вазъи муҳити зистро дар бисёр кишварҳо ва минтақаҳои ҷаҳон дар охири асри XX ба буҳрони экологӣ овардааст. Дар байни ин омилҳо металлҳои вазнин барои ифлосшавии муҳити зист дар ҷои намоён меистанд. Металлҳои вазнин (МВ) асосан элементҳои химиявии пароканда мебошанд, аз ин рӯ, сатҳи замин, қабати хок ва гидросфера, инчунин атмосфера ба ифлосшавӣ дучор мешаванд [1-8]. Ибораи «металлҳои вазнин» аксар вақт аз нуқтаи назари экологӣ баррасӣ мешавад. Дар замони ҳозира хосиятҳои физикӣ ва химиявии он ва инчунин хосиятҳои биологӣ он ба назар гирифта мешавад.

**Мақсади асосӣ** омӯзиши металлҳои вазнин дар таркиби узвҳои растании шифобаҳши ширинбия, ки дар водии Вахш мерӯяд иборат аст.

Дар бораи хусусиятҳои шифобаҳши ширинбия адабиёти зиёд таълиф шудаанд [9-12].

**Мавод ва усули ченкунӣ**

Растании шифобаҳши ширинбия аз минтақаи ҷануби мамлакат (водии Вахш) дар мавқеи географии 37,89<sup>0</sup> а.ш ва 68,75<sup>0</sup> т.ш. ва баландии 428 м аз сатҳи баҳр ҷамъоварӣ карда шудааст.

Барои муайян кардани металлҳои вазнин (V, Cr, Ni, Co, Cu, Zn, MnO, As, TiO<sub>2</sub>, Sr, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ва Pb) дар узвҳои гуногуни растани аз «Спектроскан макс-г» (истеҳсоли нпо спектрон, Россия), ки бо методи рентгенофлуорестсенсӣ кор мекунад, истифода бурда шудааст [13-15]. Спектроскан як намунаро дар 40 дақиқа таҳлил мекунад.

**Муҳокимаи натиҷаҳо**

Натиҷҳои таҳлили миқдори МВ дар растани шифобахши ширинбия дар ҷадвали 1 оварда шудааст.

Маълум карда шуд, ки дар таркиби хок ва ширинбия титан мавҷуд нест, ӯамчунин арсен дар хок ва танҳо дар пояи ширинбия дарёфт гардид. Элементи ванадий, слитсий, никел, кобалт дар решаи растани ширинбия нисбат ба поя ва барг зиёд аст. Мис дар барг, руҳ дар поя, оксиди манган дар реша ва стронсий, оксиди оҳан, сурб дар барг аз дигар қисмҳои растани зиёд аст.

Барои таъсири хусусиятҳои ҷамъшавии МВ дар растани коэффициентҳои таъхир, коэффициентҳои ҷамъшавӣ ва коэффициентҳои интенсивноӣ ҳисоб карда шудааст.

Коэффициентҳои таъхири (КТ) металлҳои вазнин дар реша ва қисми болоии растани (аз хок берун) ҳосиятҳои гузаронандагии МВ-ро дар решаи растани шарҳ медиҳад [8].

$$KT = C(\text{Э})_{\text{реша}} / C(\text{Э})_{\text{бута ва барг}}$$

Дар ин ҷо КТ – коэффициентҳои таъхир;  $C(\text{Э})_{\text{реша}}$  – консентратсияи МВ дар реша;  $C(\text{Э})_{\text{бута ва барг}}$  – консентратсияи МВ дар барг ва пояи ширинбия.

Ҷадвал 1. Қимати консентратсияи МВ дар таркиби ширинбия.

Металл		Қимати консентратсияи МВ						
		барг	поя	реша	миёнаи қиматҳо	Хок	ПДК мг/кг	Кларк
V	мг/кг	76.9	67.96	89.81	78.22	98.09	100	100
Cr	мг/кг	93.51	93.13	93.69	93.44	94.15	100	150
Ni	мг/кг	16.42	5.77	21.07	14.42	25.83	100	40
Co	мг/кг	9.301	11.96	13.34	11.53	3.32	25	8
Cu	мг/кг	45.31	44.75	44.62	44.89	45.68	55	20
Zn	мг/кг	73.5	84.07	58.93	72.17	53.40	100	50
MnO	мг/кг	143.04	142.14	143.21	142.8	144.29	1500	850
As	мг/кг	-	2.12	-	-	1.40	2	6
TiO <sub>2</sub>	%	-	-	-	-	-	50	0.46
Sr	мг/кг	175.71	165.57	173.09	171.46	163.8	-	100
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	2.95	2.31	2.41	2.56	4.12	-	3.8
Pb	мг/кг	25.11	15.07	15.7	18.63	10.55	32	10

Гузариши МВ дар массаи хушки растани аз хоки минтақа вобастагӣ дорад [8]. Коэффициентҳои ҷамъшавии (КҶ) металлҳо дар ширинбия:

$$K\text{Ч} = C(\text{Э})_{\text{растани}} / C(\text{Э})_{\text{хок}}$$

Дар ин ҷо: КҶ – коэффициентҳои ҷамъшавӣ;  $C(\text{Э})_{\text{растани}}$  – консентратсияи МВ дар массаи хушки растани;  $C(\text{Э})_{\text{хок}}$  – консентратсияи МВ дар хок.

Натиҷаи ҳисобҳо барои коэффициентҳои таъхир КТ ва коэффициентҳои ҷамъшавӣ КҶ дар ҷадвали 2 оварда шудааст.

Тавре ки аз ҷадвали 2 дида мешавад, коэффициентҳои таъхири (КТ) ширинбия барои Ni, Co ва V аз 0,6 зиёд аст, яъне ин унсурҳо дар решаҳои ширинбия нисбат ба қисми болоии растани зиёдтаранд.

Коэффициентҳои ҷамъшавӣ (КН) барои Co, Pb, Zn ва Sr аз як зиёд аст, ин маънои онро дорад, ки дар ширинбия аз ин элементҳо дар қисми болоии замин назар ба хок бештар аст.

Барои гузариши МВ дар узви растани ширинбия, коэффициентҳои шиддатноӣ (интенсивноӣ) истифода шуд [8]. Коэффициентҳои шиддатноӣ барои МВ дар хок ва решаи ширинбия ҳисоб карда шуд:

$$I_{\text{хок-реша}} = C(\text{Э})_{\text{реша}} / C(\text{Э})_{\text{хок}}$$

дар ин ҷо:  $I_{\text{хок-реша}}$  – шиддатноии гузариш МВ аз хок ба решаи ширинбия,  $C(\text{Э})_{\text{реша}}$  ва  $C(\text{Э})_{\text{хок}}$  – мувофиқан консентратсияи МВ дар реша ва хоки минтақае, ки ширинбия мерӯяд.

Коэффициентҳои шиддатноии (интенсивноӣ)-и гузариши МВ аз реша ба поя:

$$I_{\text{реша-поя}} = C(\text{Э})_{\text{поя}} / C(\text{Э})_{\text{реша}}$$

дар ин ҷо:  $I_{\text{реша-поя}}$  – шиддатноии гузариши МВ аз реша ба пояи ширинбия;  $C(\text{Э})_{\text{поя}}$  ва  $C(\text{Э})_{\text{реша}}$  – мувофиқан консентратсияи МВ дар поя ва решаи растани ширинбия.

Ҷадвали 2. Коэффициентҳои таъхир (КТ) ва коэффициентҳои ҷамъшавӣ (КҶ).

МВ	КТ	КҶ
V	0.62	0.80
Cr	0.50	0.99

Ni	0.95	0.56
Co	0.63	<b>3.47</b>
Cu	0.50	0.98
Zn	0.37	<b>1.35</b>
MnO	0.50	0.99
As	0.00	0.51
TiO <sub>2</sub>	-	-
Sr	0.51	<b>1.05</b>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.46	0.62
Pb	0.39	<b>1.77</b>

Коэффитсиенти шидатнокии (интенсивноӣ)-и гузариши МВ аз поя ба барг:

$$I_{\text{поя-барг}} = C(\text{Э})_{\text{барг}} / C(\text{Э})_{\text{поя}}$$

дар ин ҷо:  $I_{\text{поя-барг}}$  – коэффитсиенти шидатнокии (интенсивноӣ)-и гузариши МВ аз поя ба барги ширинбия,  $C(\text{Э})_{\text{барг}}$  ва  $C(\text{Э})_{\text{поя}}$  – мувофиқан концентратсияи МВ дар барг ва пояи ширинбия. Натиҷаҳои ҳисоб дар ҷадвали 3 оварда шудааст.

Аз ҷадвали 3 бармеояд, ки гузариши пуршиддати **Co** аз хок ба реша аз меъёр зиёд аст, аз ин рӯ, ки коэффитсиенти шидатнокии (интенсивноӣ) гузариш аз хок ба реша барои **Pb(1.49)**, Sr(1.06), Co (4.02) Cr(1) ва Zn(1.1) зиёд аст. Коэффитсиенти шидатнокии барои ин металлҳо (Ni, Cu, MnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) аз як хурд мебошад.

Гузариши металлҳои МВ аз реша ба пояи ширинбия ба истисноии руҳ (1,43) ва Cu(1) барои дигар металлҳо аз як хурд мебошад.

Ҷадвали 3. Коэффитсиенти шидатнокии гузариши МВ дар хок-реша-поя ва барги ширинбия .

Коэффитсиенти шидатнокии (интенсивноӣ)-и гузариши МВ дар ширинбия			
МВ	$I_{\text{хок-реша}}$	$I_{\text{реша-поя}}$	$I_{\text{поя-барг}}$
V	0.92	0.76	1.13
Cr	1.00	0.99	1.00
Ni	0.82	0.27	<b>2.85</b>
Co	<b>4.02</b>	0.90	0.78
Cu	0.98	1.00	1.01
Zn	1.10	<b>1.43</b>	0.87
MnO	0.99	0.99	1.01
Sr	1.06	0.96	1.06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.59	0.96	<b>1.28</b>
Pb	<b>1.49</b>	0.96	<b>1.67</b>

Гузариши МВ аз поя ба баргҳо барои V (1.13), Cu (1), Ni (2.85), Cu (1.01), MnO (1.01), Sr (1.06), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1.28), **Pb (1.67)** аз як калон буда, барои кобалт (0.75) ва руҳ (0.87) аз як хурд аст. Гузариши МВ барои оксиди манган, хром, дар реша, поя ва барги ширинбия баробар мебошад.

Ишораҳои ғафси дар ҷадвали 3 овардашуда қиматҳои баланди коэффитсиенти шидатнокии гузариши МВ барои узвҳои гуногуни ширинбия аст. Коэффитсиенти шидатнокии баланди гузариш аз хок ба реша барои кобалт (4.02) муқаррар карда шуд.

Аз натиҷаҳои таҳлил бармеояд, ки миқдори МВ (V, Cr, Ni, Co, Cu, Zn, MnO, As, Sr, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ва Pb) дар таркиби ғиёҳи шифобахши ширинбия муайян карда шуд. Ба мутахассисони соҳаи тиб маълум аст, ки ин металлҳо дар организми инсон чӣ нақшро мебозанд. Аз ин лиҳоз, мутахассисони соҳаи дорусозӣ барои сохтани дору аз ширинбия метавонанд аз ҷадвалҳои 1, 2 ва 3 истифода баранд.

### Адабиёт

1. Ильин Б.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1991. – 151 с.
2. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
3. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н. М. Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам: учебное пособие – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. – 77 с.
4. Григорьев А. В. Рентгенофлуоресцентный анализ растительных материалов, способы добавок и внешнего стандарта // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. – 2012. – №. 144. – С. 82–91.

5. Титов А. Ф., Казнина Н. М., Таланина В. В. Тяжелые металлы и растения: моногр. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. – 194 с.
6. Barsova N., Yakimenko O., Tolpeshta I., Motuzova G. Current state and dynamics of heavy metal soil pollution in Russian Federation — A review // Environmental pollution. – 2019. – Vol. 249. – P. 200–207.
7. Снежко С.И., Шевченко О.Г. Источники поступления тяжелых металлов в атмосферу // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2011. – №. 18. – С. 35–37.
8. Головин А.В., Скрышник Л.Н., Масютин Я. А. Особенности накопления цинка и никеля некоторыми лекарственными растениями, произрастающими на территориях с различной степенью техногенной нагрузки Экосистемы.- 2021.- 26.- С.67–77.
9. Энциклопедия Советии Точик [дар 8ч.] / сармухаррир А.С. Сайфулоев.-Д: СИЭСТ, 1978-1988.
10. Зоҳидов Ҳ. Канзи шифо. Душанбе: Ирфон, 2013. -857с.
11. Абӯалӣ ибни Сино. Қонуни тиб. Душанбе 2010,-768с
12. Michael T. Murray, ND. Textbook of Natural Medicine. 2020. -P.641-647
13. ГОСТ Р 58588-2019 Отбор и подготовка растительных проб для изотопного анализа. 2020.-12 с.
14. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошкообразных пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа.- М 049-П/04. СПб: ООО НПО «Спектрон», 2004. – 20 с.
15. Р.М. Марупов, С.Ф. Абдуллаев, К.Х. Хайдаров, Г.М. Бобизода, Т. Шукуров, Дж.Н. Джалилов, Содержание тяжелых металлов в пробах некоторых лекарственных растений Таджикистана // ДАН РТ. 2018, т.61.- №6.- с. 350-359.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Шомаҳмадов Муҳаммад Чалолидинович унвонҷӯи	Шомаҳмадов Муҳаммад Джалолидинович соискатель	Shomahmadov Muhammad Jalolodinovich Competitor for
ДДБ ба номи Носири Хусрав : Тел.:(+992)919816402. Email: <a href="mailto:sheroz911@mail.ru">sheroz911@mail.ru</a>	БГУ имени Носира Хусрава: Тел.:(+992)919816402. Email: <a href="mailto:sheroz911@mail.ru">sheroz911@mail.ru</a>	BSU named by Nosiri Khusrav Tel.:(+992)919816402. Email:sheroz911@mail.ru
TJ	RU	EN
Кодирова Х.И н.и.ф.м.дотсенти	Кодирова Х.И к.ф.-м. н., доцент	Qodirova Kh. I. PhD in physics and mathematics, docent
ДДБ ба номи Носири Хусрав : Тел.:(+992)203511000. Email: <a href="mailto:k.kodirova@gmail.com">k.kodirova@gmail.com</a>	БГУ имени Носира Хусрава Тел.:(+992)203511000. Email: <a href="mailto:k.kodirova@gmail.com">k.kodirova@gmail.com</a>	BSU named by Nosiri Khusrav Tel.:(+992)203511000. Email:k.kodirova@gmail.com
TJ	RU	EN
Абдуллоев С. Ф. доктори илмҳои физикаву математика, профессор, мудири лабораторияи физикаи атмосфераи	Абдуллаев С. Ф. Доктор физико-математических наук, профессор, зав. Лабораторией физики атмосферы	Abdullaev S. F. Doctor of physics and mathematics, professor, Head of Lab. of Physical atmosphere
ИФТ ба номи С.У.Умарови АМИТ. Тел.:(+992) 918177390. Email: <a href="mailto:sabur.f.abdullaev@gmail.ru">sabur.f.abdullaev@gmail.ru</a>	ФТИ имени С.У. Умарова НАНТ Тел.:(+992) 918177390. Email: <a href="mailto:sabur.f.abdullaev@gmail.ru">sabur.f.abdullaev@gmail.ru</a>	S. U. Umarov PhTI NAST Tel.:(+992) 918177390. Email:sabur.f.abdullaev@gmail.ru

# ТЕХНОЛОГИЯИ КИМИӢВӢ - ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ - CHEMICAL TECHNOLOGY

УДК. 541.123.6

## КОМПЛЕКСИ ФАЗАГИИ СИСТЕМАИ $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$ ДАР ИЗОТЕРМАИ 298 К

Д.З. Музафарова, М.Т. Жумаев, **П. Солиев**

Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни

**Аннотатсия.** Мақола оид ба натиҷаи омӯзиши комплекси фазাগӣ дар системаи чоркомпонентаи  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$  барои изотермаи 298 К бо усули транслятсия мебошад. Ҳамаи мувозинатҳои фазাগии мавҷудбуда дар шаклҳои геометрии системаи номбурда омӯхта шудааст. Муайян карда шудааст, ки барои системаи чоркомпонентаи  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$  дар изотермаи 298 К – 2 - нуктаи нонвариантӣ, 4 - майдони дивариантӣ ва 5 - хати моновариантӣ хос мебошад.

**Калимаҳои калидӣ:** комплекси фазাগӣ, усули транслятсия, система, компонент, диаграмма, шакли геометрӣ.

## ФАЗОВЫЙ КОМПЛЕКС СИСТЕМЫ $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$ ПРИ ИЗОТЕРМЕ 298 К

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования фазовых равновесий четырёхкомпонентной системы  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$  для изотермы 298 К методом трансляции. Изучены все возможные фазовые равновесия в геометрических образах названной четырёхкомпонентной системы. Определено, что для системы  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$  при изотерме 298 К характерно следующее количество геометрических образов: инвариантные точки - 2, дивариантные поля - 4, моновариантные кривые - 5.

**Ключевые слова:** фазовый комплекс, метод трансляции, система, компонент, диаграмма, геометрические образы.

## PHASE COMPLEX OF THE $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$ SYSTEM AT THE 298 K ISOTHERM

**Annotation.** The article presents the results of the study of phase equilibria of the four-component system  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$  for the isotherm 298 K by translation method. All possible phase equilibria in the geometrical images of the named four-component system are studied. It has been determined that for the  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$  system with an isotherm of 298 K, the following number of geometric images: invariant points - 2, divariant fields - 4, monovariant curves - 5.

**Key words:** phase complex, translation method, system, component, diagram, geometric images.

## САРСУХАН

Таҳқиқи системаҳои бисёркомпонента бо мушкилиҳои зиёд алоқаманд аст: мавҷуд набудани шаклҳои геометрии бисёрченакаи ҳақиқӣ барои инъикос кардани талаботҳо, ҳарҷоти вақтӣ ва молиявӣ зиёд ҳангоми гузаронидани экспериментҳо, мушкилиҳо ҳангоми муйянкунии мувозинатҳои фазаҳои саҳт аз ҳисоби гуногунии онҳо ва ғ. Аз ҷониби мутахассисон роҳҳои гуногуни бартараф кардани ин мушкилиҳо пешниҳод карда шудаанд [1-3]. Аммо усулҳои коркард ва пешниҳодшудаи таҳқиқи системаҳои бисёркомпонента имкониятҳои маҳдуд дошта, характери универсалӣ надоранд, як усул-усули дигарро мукамал мекунад.

## УСУЛҲОИ ОМӢЗИШ

Барои омӯзиши мувозинатҳои фазাগии системаҳои бисёркомпонента солҳои 80- уми асри гузашта аз ҷониби Солиев Л. усули нави омӯзиши мувозинатҳои фазাগии системаҳои бисёркомпонента, транслятсия коркард шуд, ки он аз принципи сеюми асосҳои таҳлили физико-химиявӣ – принципи ҳамгири (мутобикат)-и элементҳои сохти зерсистемаҳои n-компонента бо элементҳои системаи умумии (n+1) компонента дар як диаграмма асоснок кунонида шудааст [4]. Дар даҳсолаи охир ин усули мутлақо нав ҳисобида шуда, дар саҳифаҳои маҷаллаҳои бонуфузи илмӣ, симпозиумҳои илмӣ байналхалқӣ ва ҷаласаҳо васеъ муҳокима гардидааст [5-7]. Реалӣ будани ин усулро барои сохтани диаграммаи мувозинатҳои фазাগии системаҳои бисёркомпонента ҳанӯз Н.С. Курнаков қайд намуда, гуфта буд: «... ҳар як диаграммаи мувозинатҳои фазাগии системаҳои бисёркомпонентаро, ҳамчун маҳсули диаграммаи системаи адади ками компонентдошта, ки бо иловакунии компоненти нав сохти худро мураккаб намудааст, дида баромадан мумкин аст, бо назардошти он, ки элементҳои характерноки он гум нашуда аз як шакл ба шакли дигари геометрӣ мегузаранд» [3].

Комплекси фазাগӣ дар системаи  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$  дар изотермаи 298 К маротибаи аввал аз ҷониби мо бо усули транслятсия, ки аз принципи мутобикат бармеояд, таҳқиқ шудаанд.

## НАТИҶАҲО ВА МУҲОКИМАИ ОНҲО

Системаи чоркомпонентаи  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$  системаҳои секомпонентаи зеринро дар бар мегирад:  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-H}_2\text{O}$ ;  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$ ;  $\text{CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$ . Ҳалшавандагии нуқтаҳои нонвариантии системаи секомпонентаи  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-H}_2\text{O}$  аз адабиёт [9] гирифта шуда, маълумот оиди ҳалшавандагӣ ва мувозинатҳои фазагӣ барои дигар зерсистемаҳои секомпонента мавҷуд нест ва онҳо эвтоникӣ қабул карда шудаанд. Нуқтаҳои нонвариантии системаҳои секомпонента, ки системаи чоркомпонентаи  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$  - ро ташкил мекунанд, бо фазаҳои саҳти мувозинатии барои онҳо хос дар ҷадвали 1 оварда шудаанд.

Ҷадвали 1

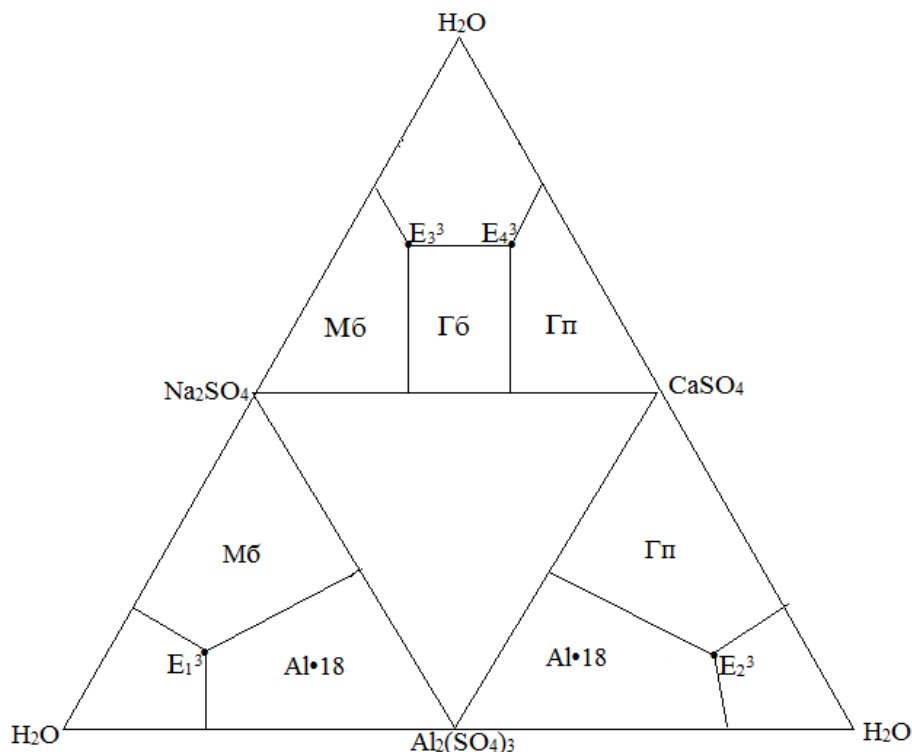
Таркиби фазаҳои саҳти нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонента дар системаи  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$  барои изотермаи 298 К

Изотерма, К	Нуқтаҳои нонварианти	Фазаҳои саҳти мувозинатӣ
Системаи $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$		
298	$E_1^3$	Мб+Ал·18
Системаи $\text{CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$		
298	$E_2^3$	Гп +Ал·18
Системаи $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-H}_2\text{O}$		
298	$E_3^3$	Мб+Гб
	$E_4^3$	Гб+Гп

Дар ҷадвал ва минбаъд “Е” – ишораи нуқтаи нонварианти буда, индекси болоиаш компонентнокии система ва индекси поёниаш бошад, рақами тартибии нуқтаро ифода менамояд.

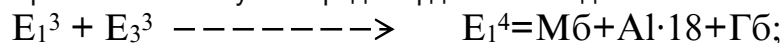
Ишораи фазаҳои саҳти мувозинатии нуқтаҳои нонварианти чунин маънидод карда мешаванд: Ал·18 -  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ; Мб-мирабилит  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ; Гб - глауберит  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$ ; Гп - гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

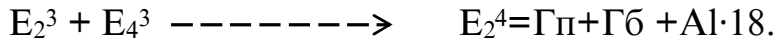
Дар расми 1 сатҳи секомпонентаи (призмаи кушоди) диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи иборат аз сульфатҳои натрий, калсий ва алюминий оварда шудааст.



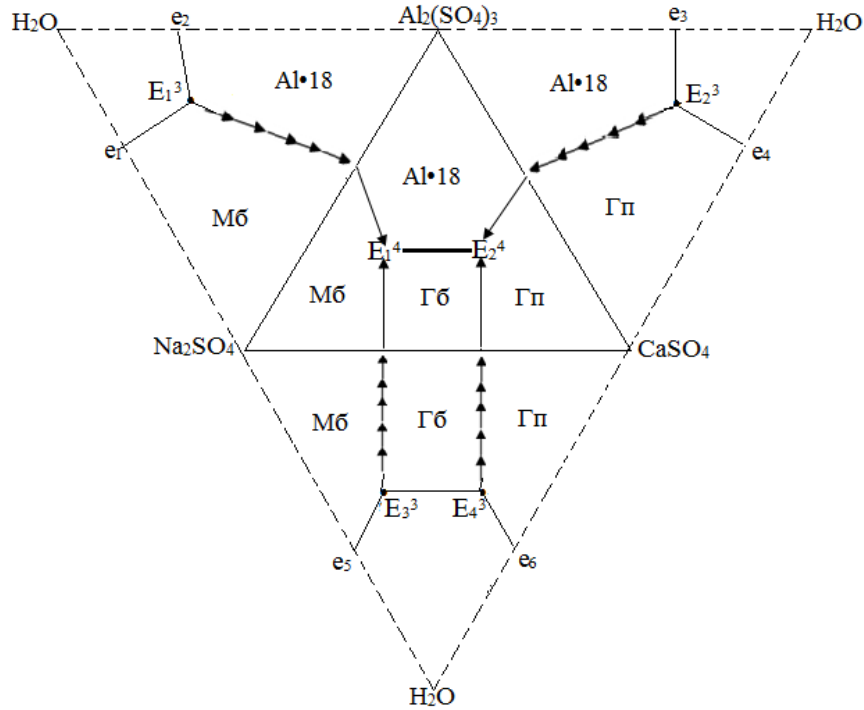
Расми 1. Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$  барои ҳарорати 298 К, дар сатҳи секомпонентагӣ

Ҳангоми транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонента (n-компонента) ба сатҳи чоркомпонентагӣ (n+1компонента), онҳо трансформатсия шуда, ба хатҳои моноварианти табдил меёбанд ва дар фаза бо ҳамдигар вохӯрда ба ҳосилшавии нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонента меоварад, ки бо таври математикӣ чунин ифода карда мешаванд:





Пас аз муттаҳид намудани майдонҳои кристаллизатсионӣ, диаграммаи комплекси фазагии системаи  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$  дар сатҳи чоркомпонентагӣ бо истифода аз усули транслятсия дар расми 2 оварда шудааст.



Расми 2. Диаграммаи комплекси фазагии системаи  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$  дар изотермаи 298 К.

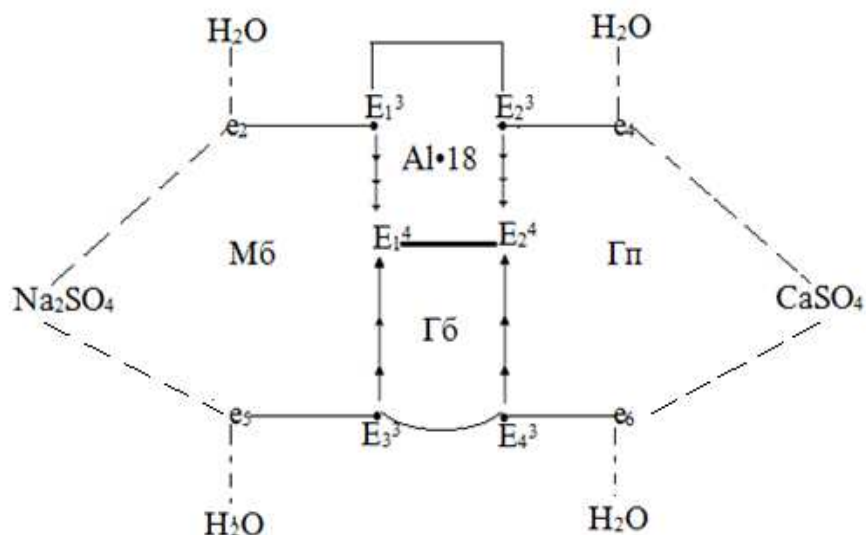
Хатҳои моновариантие, ки дар натиҷаи транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонента ба сатҳи чоркомпонентагӣ ҳосил шудаанд, бо хатҳои пунктирӣ ишора шуда, тирча самти транслятсияро ифода мекунад. Хати яклухти ғавсе, ки байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонента мегузарад, табиати хатҳои моновариантиро дошта, дар мувозинат будани чунин фазаҳоро бо маҳлулҳои серашон нишон медиҳад:



### ХУЛОСА

Аз диаграммаи комплекси фазагӣ аён аст, ки майдони фазаи саҳти кристаллизатсионии глауберит бо ҳамаи дигар майдонҳо ҳамсарҳад мебошад, ки ин шаҳодати камҳалшавандагии он буда, диаграммаи фрагменти алоҳидаи он дар расми 3 нишон дода шудааст.





Расми 3. Майдони фрагменти глауберит (Гб) дар диаграммаи комплекси фазагии системаи  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$  барои изотермаи 298 К

Номгӯи майдонҳои дивариантӣ ва контури онҳо барои диаграммаи схемавии комплекси фазагии системаи чоркомпонентаи  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$ , барои изотермаи 298 К, дар ҷадвали 2 оварда шудааст.

Ҷадвали 2

Номгӯи ва контури майдонҳои дивариантӣ системаи  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-CaSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-H}_2\text{O}$  барои ҳарорати 298 К

Фазаҳои сахти мувозинатӣ	Контури майдонҳо аз диаграмма	Фазаҳои сахти мувозинатӣ	Контури майдонҳо аз диаграмма
Мб	$E_1^3 \dashrightarrow E_1^4$ $\text{Na}_2\text{SO}_4 \text{---} E_3^3$	Гп	$E_2^3 \dashrightarrow E_2^4$ $\text{CaSO}_4 \text{---} E_4^3$
Гб	$E_3^3 \dashrightarrow E_1^4$ $E_4^3 \dashrightarrow E_2^4$	Al·18	$E_1^3 \dashrightarrow E_1^4$ $E_4^3 \dashrightarrow E_2^4$

Ҳамин тавр, аз расми 2 дида мешавад, ки барои системаи омӯхташаванда дар ҳарорати 298 К, ғайр аз 2 - нуқтаи нонвариантӣ, инчунин 4 – майдони дивариантӣ ва 5 – хати моновариантӣ хос мебошад.

### АДАБИЁТ

1. Солиев Л. Прогнозирование фазовых равновесий в многокомпонентной системе морского типа методом трансляции. (кн.1) - Душанбе: Изд. ТГПУ им. К.Джураева, 2000, 247 с.
2. Солиев Л. Прогнозирование фазовых равновесий в многокомпонентной системе морского типа методом трансляции. (Кн.2)-Душанбе: Изд. Шучоён, 2011, 147 с.
3. Солиев Л. Прогнозирование фазовых равновесий в многокомпонентной системе морского типа методом трансляции. (Кн. 3)-Душанбе: Изд. Эр-Граф, 2019, 232 с.
4. Горощенко Я.Г. Физико-химический анализ гомогенных и гетерогенных систем. –Киев:Наук. думка, 1978, 490с.
5. Tursunbadalov Sh., Soliev L. Phase Equilibria in the quinary  $\text{Na,K||SO}_4,\text{CO}_3,\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$  system at 75 °C.-Journal of Solution chemistry. 2015, Vol.44. Jssue 8, PP. 1626-1639.
6. Tursunbadalov Sh., Soliev L. Determination of phase diagram to the quinary  $\text{Na,K||Cl,SO}_4,\text{B}_4\text{O}_7\text{-H}_2\text{O}$  system at 25°C. -Journal of Chemical and engineering data. 2017, Vol.62. №1. PP. 698-703.
7. Jumaev M.T., Soliev L., Makhmadov Kh. Solubility at the system  $\text{Na,Ca||SO}_4,\text{CO}_3\text{-H}_2\text{O}$  at 50 °C. Book at abstract XXI Mendeleev Congress an general and applied chemistry. Sankt-Peterburg. 9-13-September. 2019, vol.3.PP.143.
8. Курнаков Н.С. Введение в физико-химический анализ, 4 изд., М.-Л., 1940.

9. Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно-солевых систем. – СПб.: Химиздат, 2004, т.2, кн. 1-2, С. 1247.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Музафарова Дилдоабону Зайнуллоевна	Музафарова Дилдоабону Зайнуллоевна	Muzafarova Dildodabonu Zainulloevna
докторант PhD	докторант PhD	PhD student
Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ.	Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айнӣ.	Tajik State Pedagogical University named after S. Aini.
<a href="mailto:muzafarovadildoda@gmail.com">muzafarovadildoda@gmail.com</a>		
Тел: +992 – 911-27-27-25		
TJ	RU	EN
Жумаев Маъруфжон Тағоймуротович	Жумаев Маъруфжон Тағоймуротович	Jumaev Marufjon Tagoymurotovich
номзади илмҳои химия	кандидат химических наук	Candidate of Chemical Sciences
Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ.	Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айнӣ.	Tajik State Pedagogical University named after S. Aini.
<a href="mailto:soliev.lutfullo@yandex.com">soliev.lutfullo@yandex.com</a>		
Тел: +992 – 919-93-00-00		

УДК 620.1; 544

## СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА БЕНТОНИТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИСТИМТАУ

Н. Б. Сахибов

Таджикский технический университет имени акад. М.С.Осими. nsahibov@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные аспекты процесса регенерации промышленных масел посредством использования бентонита месторождения «Истимтау». Практически все виды отработанных масел имеют потенциал для безопасной утилизации, в результате которого происходит минимизация загрязнения окружающей среды. В определённых случаях при доступности запасов и дешевизны отбеливающих глин (бентонит) регенерация отработанных смазочных масел проводится с помощью бентонитов. Приведены особенности состава используемых промышленных и моторных масел, при работе которых образуются отработанные смазочные масла, которые необходимо очищать для вторичного использования. Выделены характерные показатели отработанных смазочных масел, а также обоснована необходимость проведения очистки. Выбран перколяционный метод очистки отработанных промышленных масел с помощью бентонита. Приведены характеристики перколяционного метода очистки отработанных промышленных масел. Кроме того, в работе описаны свойственные особенности бентонита месторождения «Истимтау». Подробно изучен процесс регенерации промышленных масел, осуществляемый при помощи применения бентонита месторождения «Истимтау». Также показан результат сорбционной активности бентонита месторождения «Истимтау» по отношению к продуктам старения отработанных промышленных масел в естественном и кислотно-активированном виде.

**Ключевые слова:** Истимтау, бентонит, отработанное промышленное масло, адсорбция, оптическая плотность.

### ХУСУСИЯТҲОИ СОРБСИОНИИ БЕНТОНИТИ КОНИ ИСТИМТАУ

**Аннотатсия.** Дар мақола ҷиҳатҳои асосии раванди поккунии раванҳои саноатӣ бо истифода бурдани бентонити қони «Истимтау» дида баромада шудааст. Қариб ҳамаи навъҳои раванҳои истифодашуда дорои потенсиали безаргардонӣ доранд, ки дар натиҷа ифлосшавии муҳити зистро кам мекунад. Дар мавридҳои алоҳида бо мавҷуд будани захираҳо ва арзон будани гилҳои сафедкунанда (бентонит) поккунии раванҳои молидани истифодашуда бо истифода аз бентонитҳо сурат мегирад. Хусусиятҳои таркиби раванҳои саноатии истифодашаванда ва муҳарриқҳо оварда шудаанд, ки дар натиҷаи истифодабарии онҳо раванҳои молидани истифодашуда ба вучуд меоянд, ки бояд барои истифодаи такрорӣ пок карда шаванд. Нишондиҳандаҳои асосии раванҳои молидани истифодашуда нишон дода шуда зарурати пок намудани онҳо асоснок карда шудааст. Усули пок намудан пешниҳод карда шуда, аз ҳама самарабахшаш — раванди сорбсия, ки бо истифода аз бентонитҳо гузаронида мешавад, пешниҳод карда шудааст. Усули перколятсионӣ барои пок намудани раванҳои истифодашудаи саноатӣ бо бентонитҳо интихоб карда шудааст. Хусусиятҳои усули перколятсионии тозакунии раванҳои саноатии истифодашуда оварда шудаанд. Ғайр аз ин дар мақола хусусиятҳои асосии бентонити қони «Истимтау» оварда шудааст. Раванди поккунии раванҳои саноатӣ, ки бо истифода аз бентонити қони «Истимтау» ба амал бароварда мешавад, муфассал омухта шудааст. Натиҷаи фаъолнокии сорбсионии бентонити қони «Истимтау» нисбат ба маснуоти фарӯдашавии раванҳои истифодашудаи саноатӣ дар шакли табиӣ ва бо кислотаи фаъолшуда низ нишон дода шудааст.

**Калидвожаҳо:** истимтау, бентонит, раванҳои саноатии истифодашуда, сорбсия, зичии оптикӣ.

### SORPTION CHARACTERISTICS OF BENTONITE FROM ISTIMTAU DEPOSIT

**Abstract.** The article considers the main aspects of the regeneration process of industrial oils through the usage of the bentonite from deposit "Istimtau". Practically all kinds of used oils have a potential for safe utilization, which results in minimization of environmental pollution. In certain cases, when there is availability of reserves and cheapness of bleaching clays (bentonite), the regeneration of used lubricating oils is done with bentonites. The composition features of used industrial and motor oils, which produce waste lubricating oils that need to be purified for reuse, are given. The characteristic indicators of used lubricating oils are highlighted, as well as the necessity of cleaning is justified. The percolation method of used industrial oils cleaning with bentonite is chosen. The characteristics of the percolation method of cleaning used industrial oils are given. In addition, the characteristic features of the bentonite from "Istimtau" deposit are described in the work. The process of regeneration of industrial oils carried out by using the bentonite from "Istimtau" deposit is studied in detail. Also, the result of sorption activity of the "Istimtau" deposit bentonite in relation to the aging products of used industrial oils in natural and acid activated form is shown.

**Keywords:** Istimtau, bentonite, waste industrial oil, adsorption, optical density.

### Введение

Для нашей республики, являющейся горной страной, где автомобильный транспорт остаётся не только одним из основных, но и порою единственным видом транспорта, особенно в труднодоступных горных районах, весьма перспективным представляется использование бентонитовых глин в качестве сорбента для очистки отработанных промышленных и моторных масел. Регенерация отработанного масла бентонитовыми глинами не только экономически эффективна, но одновременно создаёт безотходный процесс с образованием условий для сохранения экологически чистой среды.

Отработанное промышленное масло состоит в основном из углеводородов, но также содержит различные присадки, повышающие его эксплуатационные характеристики в конкретных областях применения. Количество и тип присадок варьируется в зависимости от назначения масла. Например, промышленные масла содержат очень мало присадок, в то время как моторные масла обычно содержат от 10 до 20 процентов от объёма. Некоторые из этих присадок могут быть вредными для здоровья человека и окружающей среды, в то время как другие являются безвредными. Отработанное масло также содержит физические и химические примеси, обусловленные физическим загрязнением, химическими реакциями и износом, возникающими при его использовании. Выброс использованного смазочного масла в экологическую систему создаёт опасность для окружающей среды.

### Постановка задачи

Во всем мире принимаются жесткие законы по утилизации отработанных нефтепродуктов, и необходимо приложить все усилия для их повторного использования. В большинстве случаев отработанное масло можно повторно использовать после регенерации с добавлением или без добавления каких-либо присадок, что приводит к экономии и сохранению использованного масла. Таким образом, регенерация или переработка отработанных смазочных масел стала важной технологической отраслью, применяющей различные методы очистки масел. Для очистки отработанных масел широко используются отбеливающие глины, то есть бентониты.

Бентонитовые и бентонитоподобные глины получили большое распространение во многих отраслях народного хозяйства. Большие запасы и доступные цены природных сорбентов определили дальнейшее их применение в технологических схемах вторичной переработки и регенерации нефтяных и растительных масел [1].

### Результаты

В технологическом плане бентонитовые глины получили широкое применение ввиду значительных мировых запасов. Были проведены лабораторные испытания на адсорбционную активность бентонита месторождения «Истымтау» Республики Таджикистан по отношению к продуктам старения отработанного индустриального масла И-20А. Химический состав данного бентонита приведен в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав образцов бентонита месторождения Истымтау

№ Образцов	Компоненты, % масс.															
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	п.п.	H <sub>2</sub> O	C <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
1005	47.30	0.60	16.20	4.46	0.68	0.06	3.74	5.22	1.25	1.65	18.37	8.46	4.40	0.01	0.23	
1006	50.00	0.58	16.80	5.32	0.29	0.06	3.03	2.54	0.62	2.00	17.11	9.56	1.23	0.01	0.21	
1007	45.04	0.54	15.028	4.61	1.08	0.08	3.54	8.28	1.00	1.85	17.82	6.38	5.81	0.01	0.20	

Для регенерации отработанных масел был использован перколяционный метод очистки масел. Этот метод отличается от аналогичных простотой и высокой надёжностью результатов, благодаря чему нашёл широкое применение при определении сорбционной активности бентонитов [3]. В качестве объекта очистки выбрано отработанное индустриальное масло со следующими параметрами, которые приведены в таблице 2.

Процесс перколяции был выбран по следующим параметрам:

температура 70<sup>0</sup> ÷ 80<sup>0</sup>С, отношение высоты слоя сорбента к внутреннему диаметру адсорбера (h/d) 3÷5, скорость фильтрации масла через сорбент 0,1÷1,1 см/мин, гранулометрический состав сорбента от 0,1 мм до 0,25 мм.

Таблица 2. Изменение физико-химических свойств и группового углеводородного состава масла И-20А в процессе эксплуатации.

Показатели	Свежее масло И-20А	Отработанное масло И-20А в течение (час)		
		1000	2000	3000
Вязкость при 50 <sup>0</sup> С, мм <sup>2</sup> /с	19	19,8	21	22,3
Кислотное число, мг КОН/г	0,03	0,12	0,18	0,25
Число омыления, мг КОН/г	0,65	0,9	0,45	1,6
Зольность, % масс.	0,003	0,030	0,05	0,4
Коксуемость, % масс.	0,10	0,11	0,15	--
Содержание асфальтенов, % масс.	--	--	--	--
Водорастворимые кислоты и щелочи	--	--	--	--

Очистка данного масла была проведена следующим образом. Природный сорбент месторождения Истымтау в количестве 27.5 гр подвергся первоначально термообработке. При нагреве природного сорбента происходят процессы, связанные как с физическим удалением влаги, так и с разрушением кристаллогидратов. Эти данные определяют способы получения и активации сорбентов.

В связи с вышеизложенным, образцы глин подвергались термической активации при температуре 170-180 °С в течение 2-х часов. Адсорбционные свойства образца применительно к продуктам окисления отработанного в течение 3000 часов индустриального масла (табл. 2) были испытаны методом перколяции,

т.е. пропуская адсорбат через слой гранулированного сорбента. При этом размер гранул сорбента составлял 0,1 – 0,25 мм [2]. В результате проведения очистки индустриального масла было выявлено, что адсорбционная активность в природном виде с термоактивацией оказалась невысока. Для увеличения адсорбционной активности бентонит месторождения «Истымтау» был подвергнут кислотной активации. Химический состав кислотной активации приведен в таблице 3. [1]

Таблица 3. Химический состав бентонита месторождения «Истымтау» после кислотной активации

	Образцы сорбентов	Компоненты, % масс.													
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	п.п.п	H <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	CaO+MgO
	Исходный	47,32	0,60	16,21	4,46	0,68	0,06	3,74	5,22	1,25	1,65	10,2	8,46	2,90	8,96
Активированный H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5%	53,26	0,58	14,12	2,76	0,35	-	1,52	1,85	0,78	0,82	11,5	11,6	1,60	3,37
	10%	60,57	0,58	9,42	2,35	0,30	-	1,05	1,26	0,34	0,45	8,72	14,1	0,79	2,31
	20%	76,89	0,50	3,35	0,75	-	-	0,65	0,32	0,10	0,22	7,12	9,24	0,32	0,97
Активированный HCl	5%	54,51	0,56	13,84	2,54	0,32	-	1,48	1,72	0,74	0,78	11,2	12,1	1,52	2,48
	10%	61,66	0,55	9,14	2,24	0,25	-	0,98	1,08	0,32	0,41	8,56	14,6	0,73	2,06
	20%	77,87	0,50	3,15	0,62	-	-	0,52	0,30	0,25	0,15	7,48	9,05	0,40	0,82

Наименьший расход сорбента при перколяционной очистке отработанного масла получен на активированном сорбенте (10% HCl, 4 часа) образцов глин месторождений Истымтау при среднем расходе 135%.

После начала процесса регенерации отработанного масла через каждые 40 минут очищенное масло разделили на фракции. В дальнейшем проверку изменения качества очищенного индустриального масла производили согласно изменению оптической плотности регенерата. Определение величины оптической плотности проводили на фотоэлектроколориметре ФЭК-56М, зеленый светофильтр в области длины волны 540 нм, в качестве эталона использовали н-гептан. Данные оптической плотности приведены в таблице 3.

Таблица 3. Показатели оптической плотности регенерата (фракции разделены через каждые 40 минут)

Показатель	Отработанное масло И-20А	Фр.1	Фр.2	Фр.3	Фр.4	Фр.5	Фр.6	Фр.7	Фр.8
Оптическая плотность	0.345	0.061	0.072	0.080	0.084	0.100	0.135	0.147	0.168

Как видно из таблицы, первые фракции регенерата по данным оптической плотности практически не имеют цвета и почти прозрачны.

**Вывод.** Предлагается отработанные очищенные индустриальные масла делить по фракциям для разных отраслей производства. Первые фракции можно использовать в косметологии. Начиная с пятой фракции регенерат (очищенный) рекомендуется к вторичному использованию в станочном оборудовании. Также наипростейшим способом является использование очищенного отработанного смазочного масла для

ТЭЦ. Отходы бентонита рекомендуется использовать в строительстве, то есть в производстве керамзита и аглопарита.

#### Цитируемая литература

1. Сахибов Н.Б. диссертация канд. тех. наук // Душанбе. 2012. 111 С.
2. Сахибов Н.Б., Юнусов М.Ю., Сохибов А.Б. Сорбционные свойства топкинского палыгорскита // Вестник Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими №4(28)-2014 С. 98-103
3. Юнусов М.Ю., Сахибов Н.Б., Кариев А.Р., Исобаев М.Д. О возможности использования бентонитовых глин Таджикистана в качестве сорбента для очистки отработанных промышленных масел. // VI-й Международный симпозиум по фундаментальным и прикладным проблемам науки. г. Челябинск. Россия. 2011г. том 3. С. 174-181.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Сахибов Нурулло Бобоевич	Сахибов Нурулло Бобоевич	Sakhibov Nurullo Boboevich
	кандидат технических наук	candidate of technical sciences
ДТТ ба номи академик М.С. Осим	ТТУ имени академика М.С. Осими	Tajik State Pedagogical University named after S. Aini.
<a href="mailto:nsahibov@mail.ru">nsahibov@mail.ru</a>		
Тел: +992 933003256		

УДК 621.793.16

## СКОРОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ МАТРИЧНО-НАПОЛНЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ХИМИЧЕСКИ ОСАЖДЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

Щербаков И.Н.

Автономная некоммерческая организация в области просвещения и социальных услуг «Доступная Наука»

Донской государственный технический университет

Исследована скорость осаждения композиционных матрично-наполненных химически осажденных покрытий, модифицированных твердыми смазочными материалами. Способ получения химически осажденных покрытий позволяет получать равномерные по толщине покрытия на изделиях из стали практически любой конфигурации. В качестве основы для осаждения матрицы использовались следующие стали: 40X, P9K5, спеченный порошок железа марки ПЖРВ 2.200.28, полученный методом динамического горячего прессования.

Для исследования скорости осаждения использован толщиномер марки Константа К6 и получены зависимости скорости осаждения от температуры раствора, длительности проведения опыта, а также от концентрации модификаторов в суспензии для химического никелирования.

Результаты исследований показали, что наибольшая скорость осаждения композиционных покрытий характерна для основ, полученных методами порошковой металлургии при температуре 90-92<sup>o</sup>C. Приведены рекомендации по применению исследованных покрытий в промышленности.

Ключевые слова: композиционное покрытие, сталь, скорость осаждения, никель-фосфор, модификатор, матрица, основа.

## СУРЪАТИ ТАКШИНШАВИИ ҚАБАТҲОИ ТАРКИБИИ МАТРИТСАВИИ КОМПОЗИТСИИ АЗ ЧИҲАТИ КИМИЁВӢ ТАКШИНШУДА

Суръати пошидани қабатҳои бо матритсаи таркибии пур аз чиҳати кимиёвӣ, ки бо равшанҳои молидани тағйир дода шудаанд, омӯхта шудааст. Усули ба даст овардани қабатҳои аз чиҳати кимиёвӣ гузошташуда имкон медиҳад, ки қабатҳои ғафсӣ дар маҳсулоти пӯлоди қариб ҳама гуна конфигуратсия ба даст оварда шаванд. Пӯлодҳои зерин ҳамчун асос барои таҳшин кардани матритса истифода шуданд: 40Kh, P9K5, хокаи оҳани синтеронидашудаи PZhRV 2.200.28, ки бо фишори динамики гарм ба даст оварда шудааст.

Натиҷаҳои тадқиқот нишон доданд, ки суръати баландтарини резондани қабатҳои композитӣ ҳосиласохое мебошад, ки бо усулҳои металлургияи хока дар ҳарорати 90—920C гирифта мешаванд. Таъсиҳо оид ба истифодаи қабатҳои омӯхташуда дар саноат дода шудаанд.

Вожаҳои калидӣ: пӯшиши таркибӣ, пӯлод, суръати таҳшиншавӣ, никел-фосфор, тағирдиҳанда, матритса, асос.

## DEPOSITION RATE OF MATRIX-FILLED COMPOSITE CHEMICALLY DEPOSITED COATINGS

The paper investigates the deposition rate of composite matrix-filled chemically deposited coatings modified with solid lubricants. The method of obtaining chemically deposited coatings makes it possible to obtain coatings uniform in thickness on steel products of almost any configuration. Matrices of the following steels were used as the basis for deposition: 40Kh, P9K5, sintered iron powder of grade PZhRV 2.200.28 obtained by dynamic hot pressing.

To study the deposition rate, we used a K6 Konstanta thickness gauge and obtained the dependences of the deposition rate on the temperature of the solution, the duration of the experiment, and also on the concentration of modifiers in the suspension for chemical nickel plating.

The research results show that the highest deposition rate of composite coatings was obtained at a temperature of 90-920C for bases obtained by powder metallurgy methods. Recommendations for the use of the studied coatings in industry are given.

Keywords: composite coating, steel, deposition rate, nickel-phosphorus, modifier, matrix, base.

## Введение

Введение в растворы для химического осаждения наполнителей (модификаторов) позволяет получать композиционные химически осажденные никель-фосфорные покрытия [1-9]. Полученные таким способом композиционные покрытия имеют множество высокопроизводительных преимуществ, таких как:

- покрытие стальных изделий любой конфигурации нескольких соединенных между собой материалов;
- практически одинаковая толщина покрытия по всей поверхности стального изделия;
- получение матрично-наполненных композиционных покрытий;
- сравнительно высокие коррозионные и износостойкие свойства;
- относительная простота получения композиционных покрытий (например, нет необходимости в подведении электрического тока в раствор);
- управление свойствами за счет сочетания свойств матрицы и модификаторов [1-6].

Введение модификаторов в раствор для осаждения меняет закономерности, определяющие образование композиционного покрытия на стальной основе. Только путем проб и ошибок можно найти оптимум по технологическому процессу осаждения покрытий.

Определяющую роль в образовании покрытия на стальной основе и его увеличение оказывают скорость роста покрытия и структура получаемой наполненной матрицы [1-7].

Цель работы – измерение скорости осаждения композиционных никель-фосфорных покрытий, модифицированных твердыми смазками на стальные основы.

### Материалы и методы исследования

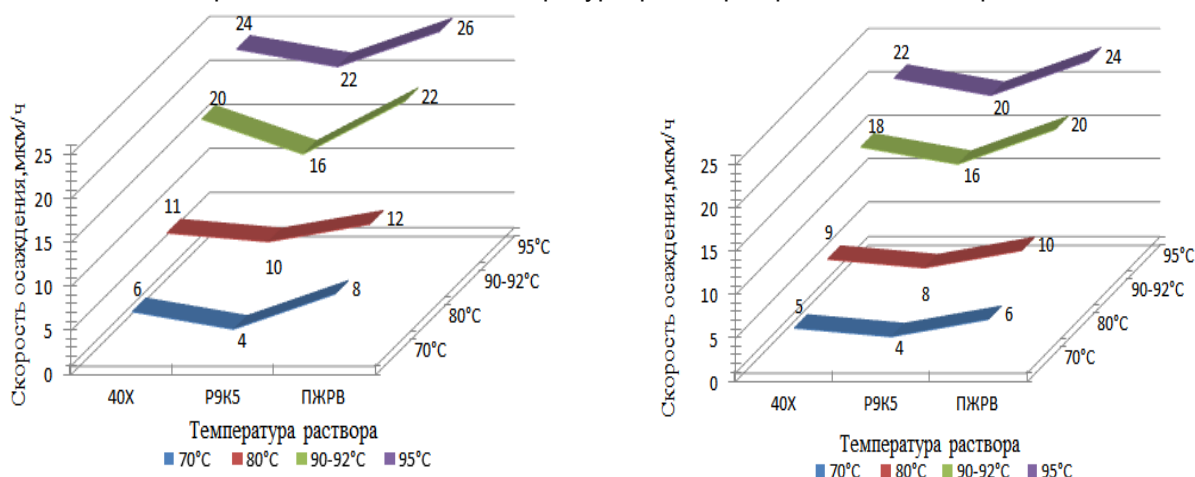
В качестве основ для исследования скорости осаждения композиционных никель-фосфорных покрытий использованы стали 40X, P9K5, спеченный порошок железа марки ПЖРВ 2.200.28 (пористость 15%), полученный методом динамического горячего прессования. Подготовку поверхности основ проводили в соответствии со стандартной методикой. Составы растворов и технологические особенности получения композиционных покрытий приведены в литературе: модификаторы нитрид бора и политетрафторэтилен [8]; модификатор дисульфид молибдена [9].

Для измерения скорости осаждения применялся толщиномер Константа К6. Измерения проводились через каждые пять минут в процессе осаждения покрытий.

### Результаты эксперимента и их обсуждение

В процессе осаждения с течением времени происходит возрастание массы композиционных покрытий [6]. Интересны исследования, посвященные влиянию основы, природы модификаторов на скорость осаждения покрытий.

Зависимость скорости осаждения от температуры раствора представлена на рис. 1.



а)

б)

Рис. 1. Зависимость скорости осаждения композиционных никель-фосфорных покрытий от температуры: а) модификатор нитрид бора и политетрафторэтилен;

б) модификатор дисульфид молибдена. Время осаждения – 1 час.

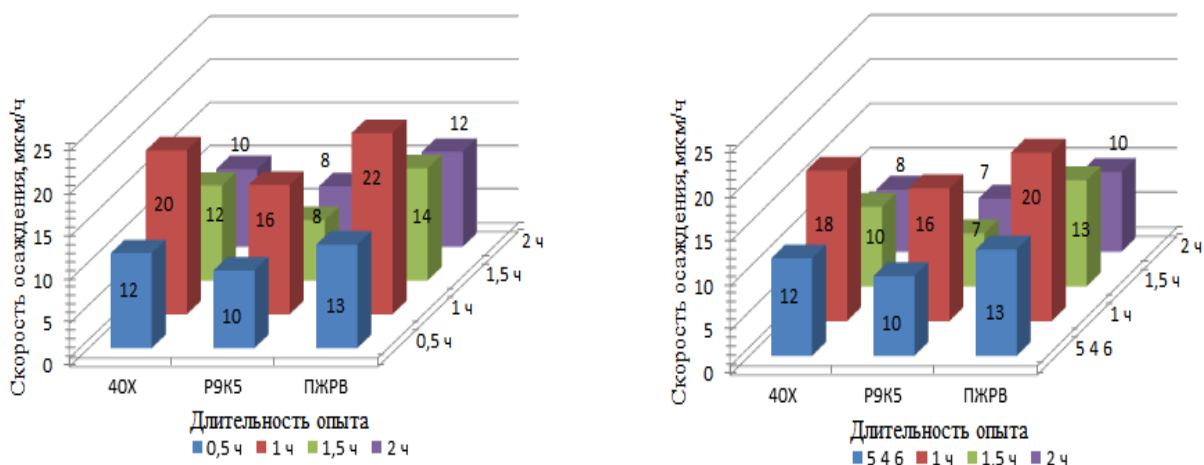
Из результатов экспериментов, представленных на рисунке 1, следует, что процесс восстановления композиционных покрытий наиболее оптимален при температуре 90-92°C. При дальнейшем повышении температуры раствора происходит его разложение. Наибольшая скорость осаждения наблюдается при осаждении модифицированных покрытий на основу.

Зависимость скорости осаждения от длительности проведения опыта представлена на рис. 2.

В таблице 1 представлены результаты исследования зависимости от концентрации модификаторов в суспензии для химического осаждения.

Приведенные экспериментальные данные подтверждают ранние исследования [1-9], в которых показано, что характер изменения скорости осаждения покрытий из суспензий, как и в нашем случае, зависит от природы, основы и концентрации дисперсной фазы.





а) б)  
Рис. 2. Зависимость скорости осаждения композиционных никель-фосфорных покрытий от длительности проведения опыта: а) модификатор нитрид бора и политетрафторэтилен; б) модификатор дисульфид молибдена. Температура раствора 90-92°С.

Таблица 1

Результаты исследования скорости осаждения от концентрации модификаторов в суспензии для химического никелирования. Температура раствора 90-92°С. Длительность осаждения 1 час.

Основа	Скорость осаждения покрытий (мкм/ч) в зависимости от концентрации модификатора/ов в растворе						
	Модификатор-дисульфид молибдена, г/л			Модификаторы: нитрид бора (г/л)/ политетрафторэтилен (мл/л)			
	1-4	5-6	7-8	1-2/2-3	3-4/3-4	5-6/5-6	1-2/5-6
Сталь 40X	15	18	16	18	20	19	20
Сталь P9K5	14	16	14	14	18	16	16
ПЖРВ	15	20	17	16	21	20	22

**Выводы:**

1. Проведены испытания разработанных композиционных матрично-наполненных никель-фосфорных покрытий, модифицированных твердыми смазками, и определена скорость осаждения в зависимости от температуры раствора, длительности проведения опыта, а также от концентрации модификаторов в суспензии для химического никелирования.
2. По результатам проведенных испытаний видно, что при использовании основ из сталей 40X, P9K5 и спеченного порошка железа марки ПЖРВ (пористость 15%) методом динамического горячего прессования можно получать композиционные покрытия с разной скоростью осаждения. Наибольшая скорость осаждения наблюдается при температурах растворов для осаждения покрытий более 900С.

**Список литературы:**

1. Вишенков С.А. Химические и электрохимические способы осаждения металлопокрытий. - М.: Машиностроение, 1975. – 312с.
2. Прусов Ю.В., Егоренкова С.И. Химическое осаждение композиционных покрытий // Ред.журн. Изв. вузов. Химия и хим. технол. – Иваново, 1977.-8с.- Деп. в ВИНТИ 05.07.77, № 2717-77 Деп..
3. Кутьков А.А. Износостойкие и анатифрикционные покрытия. - М.: Машиностроение, 1976. – 152 с.
4. Сайфулин Р.С. Композиционные покрытия и материалы. - М.: Химия, 1977. – 272 с.
5. Гусева И.В., Мащенко Т.С., Борисенко А.И. Композиционные покрытия, получаемые методом химического осаждения // Жаростойкие покрытия для защиты конструкционных материалов.- Л.: Наука, 1977. – С. 52-56.
6. Щербаков И.Н., Иванов В.В., Логинов В.Т. и др. Химическое наноконструирование композиционных материалов и покрытий с антифрикционными свойствами. – Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки», 2011. – 132 с.
7. Иванов В.В., Щербаков И.Н. О структурообразовании химически осажденного никель-фосфорного покрытия, модифицированного политетрафторэтиленом // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки, 2006. – Прил. № 2. – С.117-119.
8. Щербаков И.Н. Разработка композиционного никель-фосфорного покрытия, модифицированного нитридом бора и политетрафторэтиленом: дис. канд. техн. наук.– Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2003. – 120 с.

9. Пат. 24555391 Российская Федерация, МПК С23С 28/00, С23С 18/36 Способ получения композиционного антифрикционного покрытия на изделии из стали/Трофимов Г. Е., Щербаков И. Н., Шевченко М. Ю., Логинов В. Т., Дерлугян П. Д., Дерлугян Ф. П.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие "Особое конструкторско-технологическое бюро "ОРИОН". – № 2011100572/02; заявл. 11.01.2011; опубл. 10.07.2012, Бюл. № 19.

## Сведения об авторах:

RU	TJ	EN
Щербаков Игорь Николаевич	Щербаков Игорь Николаевич	Shcherbakov Igor Nikolaevich
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика»	номзади фанҳои техники, доцент, доценти кафедраи «Истифодабарии системаҳои нақлиёт ва таъминоти логистика»	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Operation of Transport Systems and Logistics
Донской государственный технический университет	Донишгоҳи давлатии техникии Дон	Don State Technical University
<a href="mailto:bdd-don@mail.ru">bdd-don@mail.ru</a>		
ORCID Id 0000-0002-3129-078X		

УДК 543.06. 547.26

## ЭЛЕКТРОВОССТАНОВЛЕНИЕ ИОНОВ СТРОНЦИЯ НА РТУТНО-КАПАЮЩЕМ ЭЛЕКТРОДЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИРОДЫ ПРЕДЕЛЬНЫХ ОДНОАТОМНЫХ СПИРТОВ

М.А. Зухурова

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В данной статье приведены результаты изучения влияния природных предельных одноатомных спиртов на электровосстановление ионов стронция на ртутно-капающем электроде. В качестве спиртов использовались 10%-ные растворы 13-ти спиртов: метилового, этилового, первичного и вторичного амилового, изоамилового, н-октилового, н-нонилового, н-децилового спиртов и соответствующие им значения величин электропроводности и pH всех растворов, а для некоторых спиртов вязкость.

Изучена скорость развёртки потенциала на величину предельного диффузионного тока  $Sr^{2+}$  и потенциала полуволны его восстановления. Скорость потенциала изменялась от 10 до 50 мВ/с и результаты показывают, что наибольшая сила тока иона  $Sr^{2+}$  наблюдается при  $V=10$  мВ/с. При этом потенциале полуволны восстановления иона  $Sr^{2+}$  для некоторых спиртов в интервале от  $-2,2$  до  $-2,4$ В практически остаются постоянными. Величина кислотности растворов для всех изученных спиртов изменяется в интервале от 4,2 до 6,8 и только pH раствора изоамилового спирта отвечает значению 2,8. Установлено, что для некоторых спиртов наблюдается сдвиг потенциала полуволны  $E_{1/2}$ , восстановления иона  $Sr^{2+}$ , следовательно, можно подобрать условия, при которых  $E_{1/2}$  для ионов  $Ba^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  и  $Sr^{2+}$  будут отличаться более чем на 200 мВ, что позволит проводить их одновременное полярографическое определение.

**Ключевые слова:** электровосстановление, ртутно-капающий электрод, стронций, спирты, потенциал полуволны, полярография, диаграмма pH от природы спирта, диффузионной ток.

### ЧАРАЁНИ БАРҚАРОРШАВИИ ИОНҲОИ СТРОНСИЙ ВОБАСТА АЗ ТАБИАТИ СПИРТҲОИ ЯКАТОМА ДАР ЭЛКТРОДИ СИМОБИ-ҚАТРАҒӢ

Дар мақолаи мазкур таъсири табиати спиртҳои якатомаи сер ба чараёни барқароршавии ионҳои стронсий дар электроди қатрагии симобӣ омӯхта мешавад. Ба сифати ҳалқунандаҳо маҳдудҳои 10%-и 13-то спиртҳои якатомаи сер истифода гардидааст: метанол, этанол, спирти амили якума ва дуома, спирти изоамил, н-октил, н-нонил, н-децил. Дар баробари ин қиматҳои мувофиқи чараёнгузаронӣ, pH-и ҳамаи маҳдудҳо ва барои баъзе спиртҳо часпакии чен қарда шудааст.

Суръати гардиши потенсиали ба бузургии чараёни диффузиони ҳадии  $Sr^{2+}$  ва потенсиали ниммавҷи барқароршавии он омӯхта шудааст. Суръати потенсиали аз 10 то 50 мВ/с тағйир дода, маълум гардидааст, ки чараёни баландтарини барқароршавии ионҳои стронсий дар суръати потенсиали  $V=10$  мВ/с мушоҳида мешавад. Аз ин ҷо потенсиали барқароршавии ниммавҷи  $Sr^{2+}$  барои баъзе спиртҳо дар доираи аз  $-2,2$  то  $-2,4$  В тағйир ёфта ва барои бештари онҳо амалан доимӣ боқӣ мемонад. Қимати нишондиҳандаи гидрогени маҳдудҳо барои ҳама спиртҳои омӯхташуда дар ҳудуди аз 4,2 то 6,8 фарқ мекунад ва танҳо pH маҳдудли спирти изоамилӣ ба 2,8 баробар аст. Муайян қарда шуд, ки барои баъзе спиртҳо ҳақиқи потенсиали ниммавҷи  $E_{1/2}$ , барқароршавии иони  $Sr^{2+}$  мушоҳида мешавад, бинобар ин, шароитҳоеро интихоб қардан мумкин аст, ки дар он фарқи потенсиали ниммавҷи  $E_{1/2}$  барои ионҳои  $Ba^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  ва  $Sr^{2+}$  зиёда аз 200 мВ фарқ мекунад. Ин шароит имконият медиҳад, ки дар як вақт бо усули полярографӣ онҳоро дар омехтагӣ муайян қардан мумкин аст.

**Калидвожаҳо:** чараёни барқароршавӣ, электроди симобии қатрагӣ, стронсий, спиртҳо, потенсиали ниммавҷӣ, полярография, диаграммаи pH аз табиати спирт, чараёни диффузиони.

### ELECTRICAL REDUCTION OF STRONTIUM IONS ON A MERCURY-DIPPING ELECTRODE DEPENDING ON THE NATURE OF LIMIT ONE ATOMIC ALCOHOLS

This article studies the effect of natural saturated monohydric alcohols on the electroreduction of strontium ions at a mercury-dropping electrode. As alcohols, we used 10% solutions of 13 alcohols: methyl, ethyl, primary and secondary amyl, isoamyl, n-octyl, n-nonyl, n-decyl alcohols and the corresponding values of electrical conductivity and pH of all solutions, and for some alcohols have a viscosity. The rate of potential sweep by the value of the limiting diffusion current  $Sr^{2+}$  and the half-wave potential of its recovery is studied. The potential velocity varied from 10 to 50 mV/s, and the results show that the highest strontium ion current is observed at  $V = 10$  mV/s. In this case, the potentials of the half-wave of  $Sr^{2+}$  reduction for some alcohols in the range from  $-2.2$  to  $-2.4$  V practically remain constant. The acidity value of solutions for all studied alcohols varies in the range from 4.2 to 6.8, and only the pH of the isoamyl alcohol solution corresponds to 2.8. It was found that for some alcohols there is a shift in the potential of the half-wave  $E_{1/2}$ , the reduction of  $Sr^{2+}$ , therefore, it is possible to select the conditions under which  $E_{1/2}$  for  $Ba^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  and  $Sr^{2+}$  will differ by more than 200 mV, which will allow their simultaneous polarographic determination.

Keywords: electroreduction, mercury-dropping electrode, strontium, alcohols, half-wave potential, polarography, pH diagram from the nature of alcohol, diffusion current.

### Введение

Определение стронция в различных материалах является сложной задачей. Перед его определением необходимо отделить элементы III-V аналитических групп, осаждающихся в виде нерастворимых хлоридов, сульфидов, гидроксидов или других соединений.

Предварительно необходимо выделить стронций из группы щелочноземельных металлов и отделить его от сопутствующих элементов, используя методы осаждения, экстракции и ионного обмена [1, 2].

Для возможного отделения стронция от ЩЗМ полярографированием использовали одноатомные спирты, что позволит в дальнейшем разработать методику полярографического определения стронция в природных водах [3, 4].

Впервые полученные сведения по электрохимическому поведению иона Sr<sup>2+</sup> на фоне тетраэтиламмония йодистого и в присутствии 13-ти одноатомных предельных спиртов на ртутно-капающем электроде пополняют имеющийся пробел в справочной литературе [5-7].

### Экспериментальная часть и обсуждение результатов

Спирты по-разному влияют на степень диссоциации электролитов, благодаря чему можно расширить полярографический метод определения двух веществ в смеси даже тогда, когда оба вещества восстанавливаются при одном и том же потенциале, если эти вещества ведут себя по-разному в неводной среде.

Нами было изучено полярографическое поведение стронция на фоне 5·10<sup>-3</sup>М тетраэтиламмония йодистого (ТЭАЙ) и 13-ти различных предельных одноатомных спиртов. Использовались 10%-ные растворы 13-ти спиртов: метилового, этилового, изопропилового, первичного и вторичного бутилового, изобутилового, третичного бутилового, первичного и вторичного амилового, изоамилового, н-октилового, н-нонилового, н-децилового (табл. 1) [8, 9].

До проведения полярографирования в исследуемых растворах, содержащих 5·10<sup>-4</sup>М Sr<sup>2+</sup>+5·10<sup>-3</sup>М ТЭАЙ и 10%-ные растворы спиртов, измеряли рН всех растворов, величину электропроводности, а у некоторых спиртов вязкость.

Проводили также полярографирование каждого раствора на ртутно капающем электроде (РКЭ) при снятии в одних и тех же условиях: начальный потенциал снятия от -1,5В до конечного потенциала E<sub>кон.</sub> = -3,2В; диапазон тока 40 мкА, скорость изменения потенциала 10 мВ/с. При этом на фоне всех спиртов регистрировалась одна, хорошо выраженная волна стронция (П), отвечающая восстановлению Sr<sup>2+</sup> до Sr<sup>0</sup>. На рисунке 1 представлены полярограммы, а в таблице 1 даны величины I<sub>диф.</sub> и E<sub>1/2</sub> восстановления Sr<sup>2+</sup> на фоне 5·10<sup>-3</sup>М ТЭАЙ и 10%-ного этилового, изопропилового, изобутилового, третичного бутилового, изоамилового, н-октилового и н-децилового спиртов, а также соответствующие им значения величин электропроводности и рН растворов [10-12].

Из полярограмм (рис. 1, кривая 5) и данных I<sub>диф.</sub> Sr<sup>2+</sup> (табл.1) видно, что максимальная величина тока Sr<sup>2+</sup>, равная 200 мкА, регистрируется в присутствии изоамилового спирта. В присутствии других спиртов величина диффузионного тока находится в пределах от 2,12 до 10,24 мкА. Эта зависимость представлена на рис. 2 (кривая 1) в виде диаграммы зависимости I<sub>диф.</sub> от природы спирта.

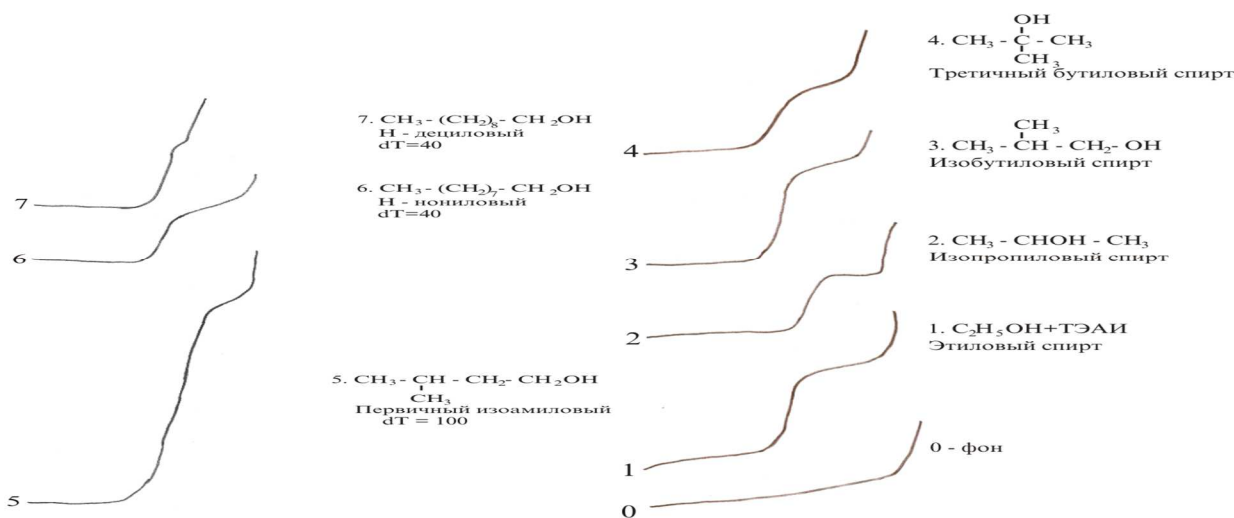


Рис. 1. Полярограммы восстановления Sr<sup>2+</sup> на фоне 5·10<sup>-3</sup> М ТЭАЙ в зависимости от природы предельных спиртов: CSr<sup>2+</sup>=5·10<sup>-4</sup>М; C<sub>сп.</sub>=10%; dT = 40.

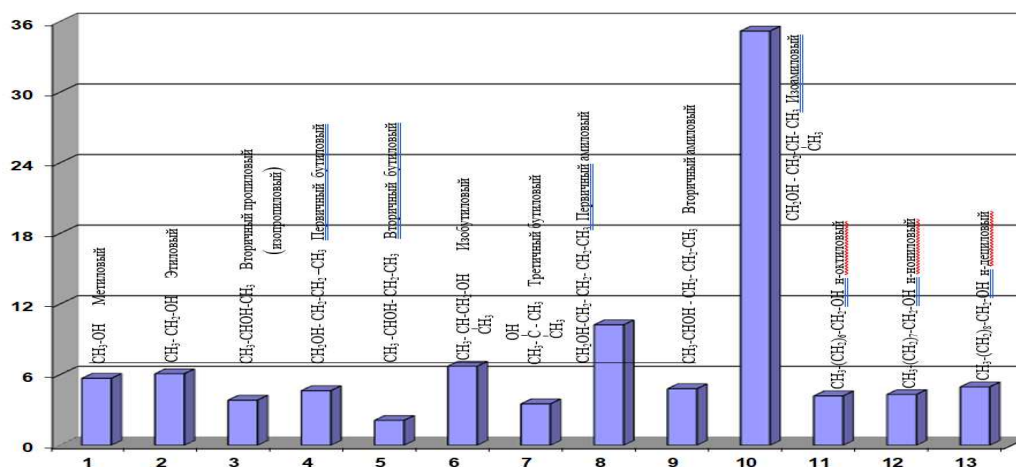
Таблица 1

Величины удельной электропроводности, рН растворов, силы диффузионного тока и потенциала полуволны Sr<sup>2+</sup> от природы одноатомных спиртов C<sub>Sr<sup>2+</sup></sub>=5·10<sup>-4</sup>М, C<sub>ТЭАЙ</sub>=5·10<sup>-3</sup>М, C<sub>сп.</sub>=10%

N n/n	Формула спирта	Обычное название	α, μСм·см <sup>-1</sup>	pH	dT	h, мм	I, мкА	- E <sub>1/2</sub> , мВ
1	CH <sub>3</sub> -OH	метиловый	286	4,8	20	71,0	5,68	2,40
2	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -OH	этиловый	194	6,8	40	27,0	6,08	2,27

N n/n	Формула спирта	Обычное название	$\alpha$ , $\mu\text{См}\cdot\text{см}^{-1}$	pH	dT	h, мм	I, мкА	- E <sub>1/2</sub> , мВ
3	$\text{CH}_3-\text{CHOH}-\text{CH}_3$	вторичный пропиловый (изопропиловый)	178	6,8	40	24,0	3,84	2,35
4	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$	первичный бутиловый (1-бутанол)	212	4,3	40	29,0	4,64	2,40
5	$\text{CH}_3-\text{CHOH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	вторичный бутиловый (2-бутанол)	188	-	20	26,5	2,12	2,20
6	$\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{OH}$	изобутиловый	209	4,2	40	42,0	6,72	2,36
7	$\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{CH}-\text{C}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH} \end{array}$	третичный бутиловый	178	5,8	40	22,0	3,52	2,30
8	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$	первичный амиловый	246	6,1	40	64,0	10,24	2,30
9	$\text{CH}_3-\text{CHOH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	вторичный амиловый	239	6,4	40	30,0	4,80	2,20
10	$\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	первичный изоамиловый	380	2,8	200	44,0	35,2	2,30
11	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_6-\text{CH}_2\text{OH}$	n-октиловый	202	-	50	21,0	4,20	2,20
12	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}_2\text{OH}$	n-нониловый	150	-	40	27,0	4,32	2,20
13	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_8-\text{CH}_2\text{OH}$	n-дециловый	170	-	40	31,0	4,96	2,27

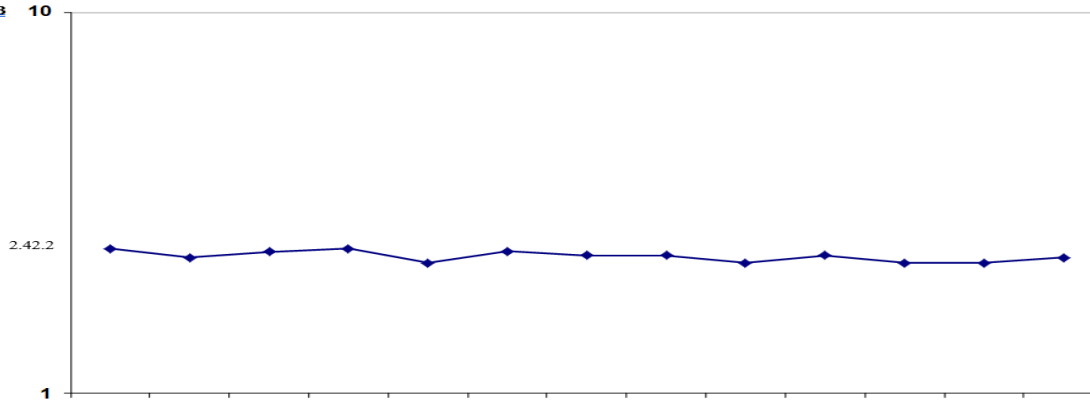
I, мкА



Природа спирта Рис.

2. Диаграмма зависимости величины силы тока стронция от природы спирта

-E<sub>1/2</sub>, В 10



Природа спирта

Рис. 3. Зависимости величины  $E_{1/2}$  от природы спирта ((1-метиловый, 2-этиловый, 3-вторичный пропиловый (изопропиловый), 4-первичный бутиловый, 5-вторичный бутиловый, 6- изобутиловый, 7-третичный бутиловый, 8-первичный амиловый, 9-вторичный амиловый, 10-изоамиловый, 11- октиловый, 12-н-нониловый, 13- н-дециловый)

На рисунке 3 представлена диаграмма зависимости  $E_{1/2}$  Sr<sup>2+</sup> на фоне различных спиртов. Потенциал полуволны Sr<sup>2+</sup> практически остаётся постоянным в интервале от -2,2 до -2,4В. Кислотность растворов для всех изученных спиртов изменяется в интервале от 4,2 до 6,8 и только рН раствора изоамилового спирта отвечает рН 2,8 (табл. 1).

Установлена связь между величиной электропроводности анализируемых растворов в присутствии предельных спиртов и силой диффузионного тока Sr<sup>2+</sup>. Чем больше величина электропроводности раствора  $5 \cdot 10^{-4}$ М Sr<sup>2++</sup>  $5 \cdot 10^{-3}$  М ТЭАЙ +10%-ный спирт, тем больше сила диффузионного тока. Так, при электропроводности, например, третичного бутилового спирта равной 178  $\mu$ См/см, сила диффузионного тока равна 3,5мкА (табл. 1), а для изоамилового спирта при электропроводности раствора 380  $\mu$ См/см сила диффузионного тока увеличилась в 10 раз (35,2 мкА).

Для некоторых спиртов измерена вязкость растворов с помощью вискозиметра [13-15]. В таблице 2 даны величины времени истечения растворов, содержащих  $5 \cdot 10^{-4}$ М Sr<sup>2++</sup>  $5 \cdot 10^{-3}$ М ТЭАЙ+10% предельный спирт, величины относительной вязкости и для сравнения значения электропроводности, рН раствора и силы диффузионного тока Sr<sup>2+</sup>.

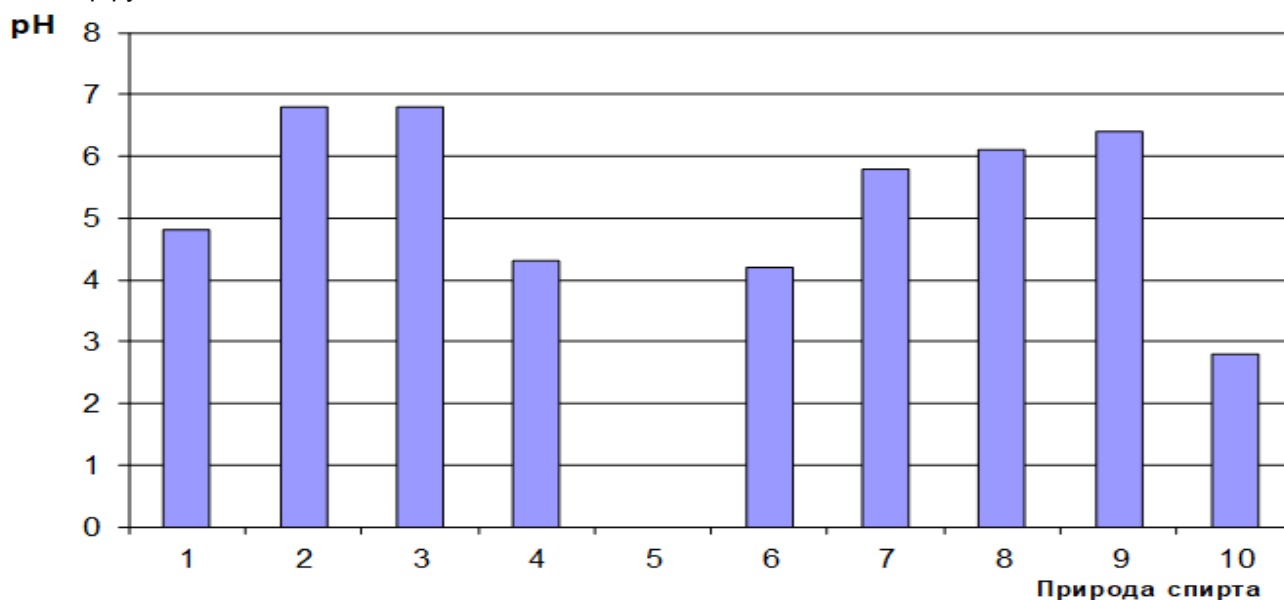


Рис. 4. Диаграмма зависимости рН раствора от природы спирта

(1- метиловый, 2- этиловый, 3- вторичный пропиловый (изопропиловый), 4- первичный бутиловый, 6- изобутиловый, 7-третичный бутиловый, 8-первичный амиловый, 9-вторичный амиловый, 10-изоамиловый).

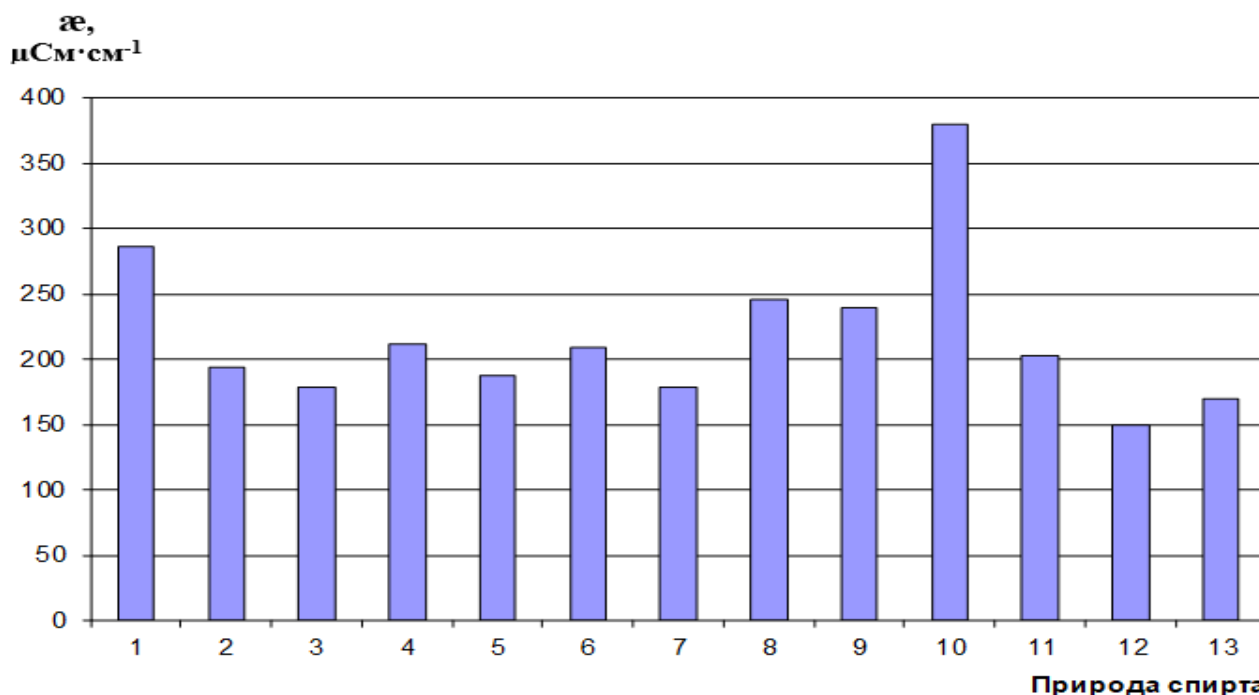


Рис. 5. Диаграмма зависимости электропроводности от природы спирта (1-метиловый, 2-этиловый, 3-вторичный пропиловый (изопропиловый), 4-первичный бутиловый, 5-вторичный бутиловый, 6- изобутиловый, 7-третичный бутиловый, 8-первичный амиловый, 9-вторичный амиловый, 10-изоамиловый, 11- октиловый, 12-н-нониловый, 13- н-дециловый)

Таблица 2

Значения величин времени истечения относительной вязкости, pH,  $\kappa$  раствора и силы тока  $\text{Sr}^{2+}$  от природы одноатомных спиртов,  $C_{\text{Sr}^{2+}} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ ;  $C_{\text{ТЭАЙ}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

N n/n	Формула спирта	Обычное название	Номер замера	$t_0, \text{c}$	$t, \text{c}$	$h_{\text{отн}} = t_1/t_0$	$\kappa, \mu\text{См/см}$	pH	I, мкА
1	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$	Этиловый	1	5,0	$t_0=5,0$	1,0	194	6,8	6,1
			2	5,0					
			3	5,0					
2	$\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$	Вторичный пропиловый (изопропиловый)	1	4,5	4,5	0,9	178	6,8	3,80
			2	4,5					
			3	4,5					
3	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$	Первичный бутиловый	1	4,0	4,0	0,8	212	4,3	4,64
			2	4,0					
			3	4,0					
4	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$	Первичный амиловый	1	4,0	4,0	0,8	246	6,1	10,2
			2	4,0					
			3	4,0					
5	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{-CH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Первичный изоамиловый	1	5,0	5,0	1,0	380	2,8	35,2
			2	5,0					
			3	5,0					

### Влияние скорости изменения потенциала на форму волны и величину предельного тока стронция на фоне различных предельных спиртов

Скорость изменения потенциала, налагаемая на электроды при снятии полярограммы восстановления  $\text{Sr}^{2+}$ , может влиять на форму волны, величину диффузионного тока ( $I_{\text{диф}}$ ) и величину потенциала полуволны ( $E_{1/2}$ ). Для этого сняты зависимости этих параметров в присутствии  $5 \cdot 10^{-4} \text{ M}$   $\text{Sr}^{2+}$  на фоне  $5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$  ТЭАЙ и 10%-ных предельных спиртов: метилового, этилового, изопропилового. Скорость

потенциала изменялась от 10 до 50 мВ/с. На рис. 6 представлены волны восстановления  $\text{Sr}^{2+}$  на фоне ТЭАИ и 10%-ного метилового спирта. Установлено, что наибольшая сила тока  $\text{Sr}^{2+}$  наблюдается при  $V=10$  мВ/с.

При скоростях от 20 до 50 мВ/с наблюдается уменьшение высоты волны  $\text{Sr}^{2+}$  в два раза от 7,4 мкА до 3,5 мкА. Потенциал полу волны при этом сдвигается в область более отрицательных значений.

Исследования, проведённые в присутствии 10%-ного этилового и изопропилового спиртов, показали аналогичные результаты, хорошо выраженная волна  $\text{Sr}^{2+}$  с наибольшей высотой регистрируется лучше при  $V=10$  мВ/с.

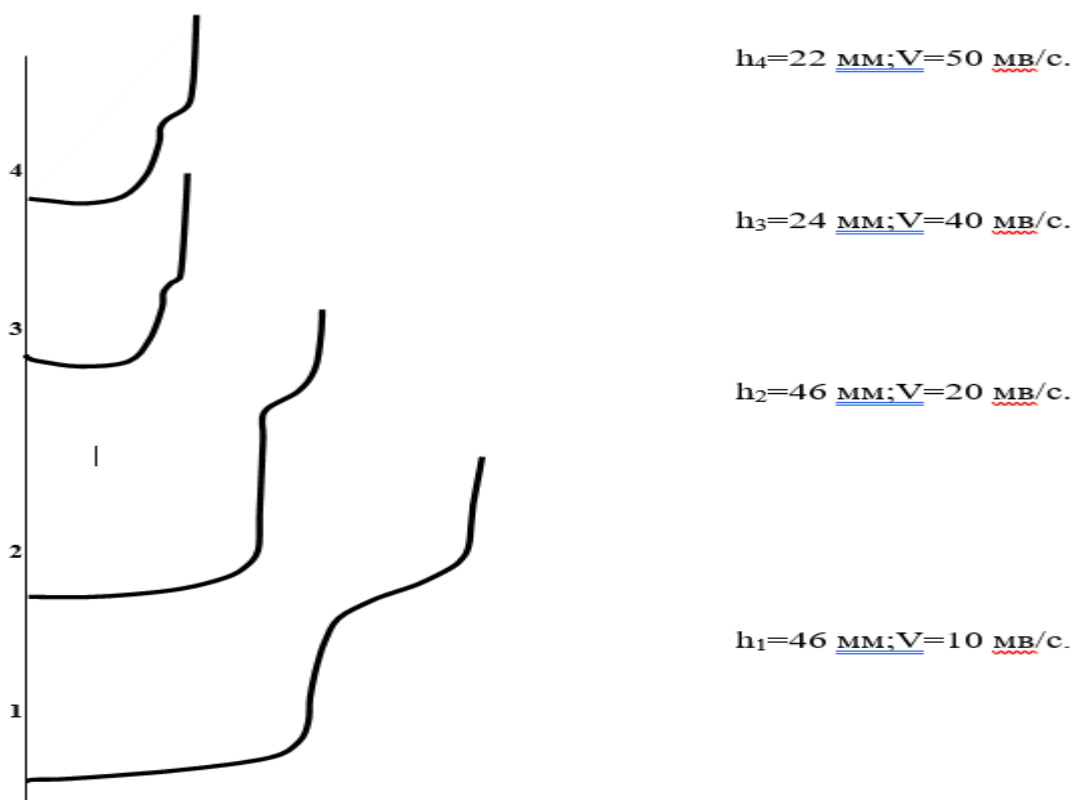


Рис. 6. Полярограммы восстановления  $5 \cdot 10^{-4}$ М  $\text{Sr}^{2+}$  на фоне  $5 \cdot 10^{-3}$ М ТЭАИ и 10%-ного  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ,  $dT=40$ ,  $E_{\text{нач.}} = -1,5$ В.

Таким образом, исследование влияния природы и структуры 13-ти предельных одноатомных спиртов на полярографическое восстановление стронция  $\text{Sr}(\text{II})$  на фоне тетраэтиламмония йодистого показало, что спирты в основном выполняют роль фона и растворителя. Кроме того, изучение влияния скорости изменения потенциала, налагаемого на электроды, показало, что в присутствии 10% этилового спирта оптимальной является скорость 10 мВ/с, при которой на фоне метилового, этилового и изоамилового спиртов регистрируются хорошо выраженные волны с наибольшей высотой.

### Выводы

1. Изучено полярографическое восстановление  $\text{Sr}^{2+}$  на фоне тетраэтиламмония йодистого в присутствии 13-ти предельных одноатомных спиртов. Установлено, что спирты в основном выполняют роль фона и растворителя.
2. Показано, что оптимальной скоростью изменения потенциала, налагаемого на электроды, является скорость 10 мВ/с, при которой регистрируются хорошо выраженные волны с наибольшей величиной диффузионного тока.

### Литература

1. Полуэктов Н.С., Мищенко В.Т., и др. Аналитическая химия стронция. Изд. «Наука» М., 1978. С. 222
2. Баситова С. М., Засорина Е.Ф., Пометун Е.А., Боярова В.И. Содержание стронция в почвах и растениях в некоторых районах Таджикистана. Известия АН Тадж. Отд. физико-математических, геологичес. и химических наук. 2(15), 1964. С.57-64



3. Нейланд О.Я. Органическая химия. М.: Высшая школа, 1990.с.280-287. С. 294-297
4. Робертс Дж., Касерно М. Основы органической химии М.: Мир, 1978. С.280-288
5. Волков И. Химические элементы в речном стоке и формы их поступления в море (на примере рек Черноморского бассейна). В кн. Проблемы литологии и геохимии осадочных пород и руд.-М.: Наука. 1974. С. 85
6. Стромберг А.Г., Семиченко Д.П. Физическая химия. М.: Высшая школа, 1988, С. 226-282
7. Евстратов К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия. -М.: Высшая школа. 1990. С. 144-217
8. Вахобова Р.У., Зухурова М.А.Пачаджанов Д.Н. Исследование полярографического поведения стронция в водно-этанольных растворах //Материалы научно-теоретической конференции профессорско-преподавательского состава и студентов «День науки», Душанбе-2006. С.45
9. Вахобова Р.У., Пачаджанов Д.Н, Бахтибекова Р.М., Зухурова М.А. Исследование полярографического поведения стронция на ртутно-капающем электроде.//II-ая Международная научно-практическая конференция «Перспективы развития науки и образования в XXI веке», посвященная 50-летию ТТУ-ТПИ. Душанбе-2006.С.117-119.
10. Вахобова Р.У., Зухурова М.А., акад.АН РТ Пачаджанов Д.Н., Рачинская Г.Ф. Изучение влияния рН раствора на электрохимическое поведение стронция на фоне тетраэтиламмония.//Доклады АН Республики Таджикистан.-2008.-Т.51.-№7.- С.536-540.
11. Бонд А.М. Полярографические методы в аналитической химии / А.М.Бонд. – М.: Химия, 1983. 328 с.
12. Майрановский С.Г. Полярография в органической химии / С.Г. Майрановский, Я.П. Страдынь, В.Д. Безуглый. –М.: Химия, 1975. 351 с.
13. Горшков В.И., Кузнецов И.А. Основы физической химии. –М.: Изд-во МГУ, 1993. 245 с.
14. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Аналитическая химия. Физико–химические методы анализа. М.: Высшая школа 1991. 132 с.
15. Бейтс Р.Г. Определение рН. Теория и практика. –Л.: Химия, 1972. 39 с.

#### МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ - СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ - AUTHOR BACKGROUND

TJ	RU	EN
Зухурова Мавлуда Ашуровна	Зухурова Мавлуда Ашуровна	Zukhurova Mavluda Ashurovna
номзади илми химия, муаллими калон	кандидат химических наук, старший преподаватель	PhD in Chemistry
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ кафедраи «Коркарди энергиябарандаҳо ва хизматрасонии нафту газ»	Таджикский технический университет имени академика М.С Осими кафедра «Переработка энергоносителей и нефтегазового сервиса»	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi, Department of «Processing of Energy and Oil and Gas Service»
mavluda.zukhurova@mail.ru		
ORCID Id		0000-0002-2760-2621

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ГАЛЬВАНОСТОКОВ РЕАГЕНТНЫМ МЕТОДОМ

Д.З. Бокизода

Горно-металлургический институт Таджикистана

В статье приведены результаты исследования очистки сточных растворов от цинка, железа и меди с применением различных реагентов. Изучены зависимости степени осаждения железа, цинка и меди от времени и от расхода реагентов. Использован современный прибор для контроля физико-химических параметров.

**Ключевые слова:** сточные воды, очистки металлов, химические реагенты, степень очистки, pH-среды.

### ТАҲҚИҚИ ТЕХНОЛОГИЯИ ТОЗАКУНИИ ОБҲОИ ШОРАНДАИ ГАЛВАНИКӢ БО УСУЛИ РЕАГЕНТӢ

Дар мақола натиҷаҳои таҳқиқи тозакунии маҳлулҳои шоранда аз руҳ, оҳан ва мис бо истифодаи реагентҳои мухталиф оварда шудаанд. Вобастагии дараҷаи тақшоншавии оҳан, руҳ ва мис аз вақт ва сарфи реагентҳо омӯхта шудааст. Таҷриботҳои замонавӣ барои назорати параметрҳои физикавӣ-химиявӣ истифода шуданд.

**Калимаҳои калидӣ** обҳои шоранда, тозакунии металлҳо, реагентҳои химиявӣ, дараҷаи тозакунии, pH-и муҳит.

### RESEARCH OF PURIFICATION PROCESS OF ELECTROPLATING WASTE SOLUTIONS VIA REAGENT METHOD

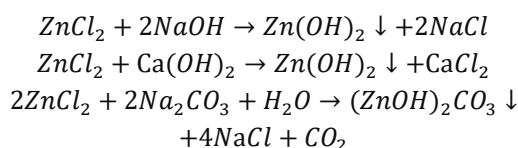
The article presents the results of a study of the purification of zinc, iron and copper using various reagents. The dependences of the degree of purification of iron, zinc and copper on time and on the consumption of reagents are studied. A modern device for monitoring physical and chemical parameters is used.

**Key words:** waste water, metal purification, chemical reagents, degree of purification, pH-media.

Очевидно, что во всех регионах мира прогресс промышленных предприятий тесно связан с потреблением водных ресурсов. Без этого развитие отдельных цехов, особенно гальванических, недостижимо [1, 2]. Любая отрасль промышленности, помимо получения целевых компонентов, выбрасывает в окружающую среду загрязняющие вещества в виде газов, жидких и твердых отходов. В производстве строительного крепежа в основном образуются сточные воды, имеющие разнообразные составы. Количество и качество сбрасываемых сточных вод зависит от отрасли промышленности и специфики технологических процессов [1]. Загрязненные воды образуются при обработке разных деталей и применении химических реагентов, необходимых в технологическом процессе. Мониторинговые работы по охране окружающей среды показывают, что наиболее опасными стоками являются сточные воды гальванических производств. Они содержат различные органические вещества, СПАВ и ионы тяжелых металлов, в частности свинец, железо, хром, медь, цинк и ртуть [3].

Для очистки сточных вод гальванических производств существуют разные методы. Каждый метод очистки имеет свою специфику и требования. На практике для очистки гальваностокосов часто используется реагентный (химический) метод. Сущность данного метода заключается в переводе растворимых веществ в нерастворимые при добавлении в раствор различных реагентов [4].

С целью очистки сточных вод производства крепежа ООО «Точфилиз», состав которых приведен в таблице 1, был использован реагентный метод. Основным загрязнителем стоков данного предприятия являются ионы цинка, железа и меди. Для удаления ионов металлов были использованы 10%-е растворы гидроксидов натрия, кальция и карбоната натрия. При добавлении реагентов реакции удаления цинка протекают по следующим уравнениям соответственно:



Аналогичные реакции происходят и для железа, и меди. В основном тяжелые металлы осаждаются в виде гидроксида и гидрокарбоната до pH=9,5. Дальнейшее увеличение pH среды до pH=12 приводит к растворению их гидроксидов. После достижения pH>12 начинается комплексообразование металлов. Эта приводит к значительному расходу реагентов, который не требуется [5].

Для очистки сточных вод от металлов была проведена серия опытов. Сначала в 1 литр исследуемой воды добавлялся 10%-ный раствор СаО до достижения pH=9,5 с перемешиванием в течение 5, 10 и 15 минут. Далее раствор отстаивался в течение 2 часов, после чего отфильтровывался. Фильтрат анализировался на атомно-абсорбционном спектрометре (AAAnalyst 800) [6] и с использованием мультиметра типа YSI 556 MPS (Multi-Probe System) [7]. Аналогичные опыты были проведены с применением гидроксида и карбоната натрия. Полученные результаты по удалению цинка, железа и меди представлены на рисунках 1, 2 и 3. Для очистки сточных вод от металлов была проведена серия опытов. Сначала в 1 литр исследуемой воды добавлялся 10%-ный раствор СаО до достижения pH=9,5 с перемешиванием в течение 5, 10 и 15 минут. Далее раствор отстаивался в течение 2 часов, после чего

отфильтровывался. Фильтрат анализировался на атомно-абсорбционном спектрометре (AAnalyst 800) [6] и с использованием мультиметра типа YSI 556 MPS (Multi-Probe System) [7]. Аналогичные опыты были проведены с применением гидроксида и карбоната натрия. Полученные результаты по удалению цинка, железа и меди представлены на рисунках 1, 2 и 3.

Таблица 1.

Физико-химические параметры сточной воды

№	Определяемые параметры	Значение параметров
1	Fe <sub>общ</sub> , мг/л	2572,4
2	Zn <sup>2+</sup> , мг/л	25360
3	Cu <sup>2+</sup> , мг/л	13,57
4	Мутность, NTU (HEM)	1274
5	Сухой остаток, г/л	246,128
6	Взвешенные вещества, мг/л	2513,6
7	pH	5,61
8	pHmV, мВ	50,18
9	ОПВ, мВ	143,61
10	Электропроводность, мСм	261,07
11	Удельная электропроводность, мСм/см	235,22
12	Сопротивление, Ом	3,83
13	Растворенный кислород, %	83,88
14	Концентрации растворенного кислорода, мг/л	1,89
15	Соленость, г/л	219,59
16	TDS, г/л	152,89

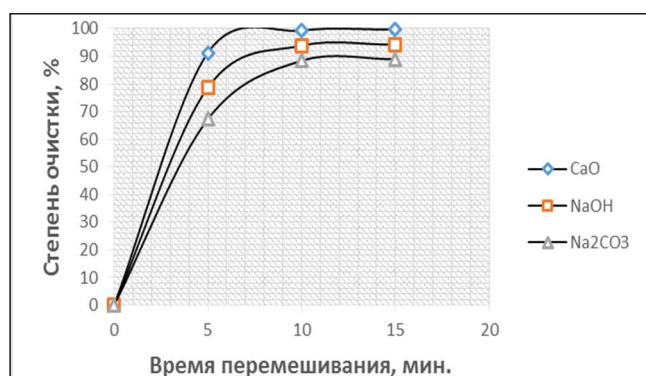


Рис.1. Зависимости степени удаления цинка от времени перемешивания.

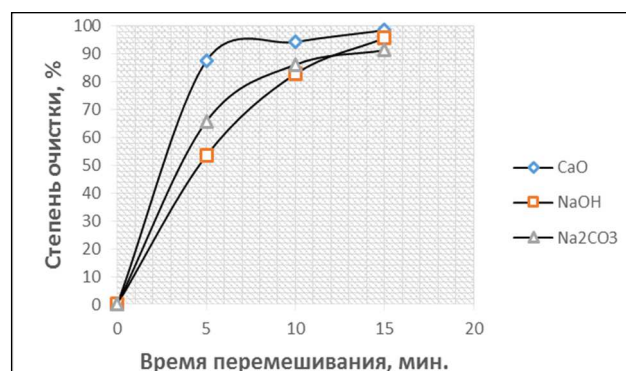


Рис.2. Зависимости степени удаления железа от времени перемешивания.

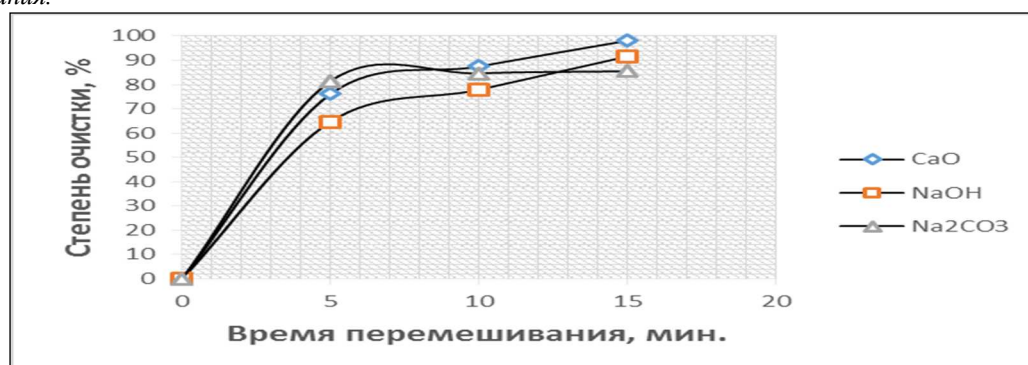


Рис.3. Зависимости степени удаления меди от времени перемешивания.

Как видно из рисунков, наибольшая степень удаления цинка получается при применении оксида кальция и времени перемешивания 15 минут и составляет 99,71%. На втором месте стоит гидроксид натрия. С применением его в качестве реагента-осадителя было удалено цинка свыше 94%. При тех же условиях с применением карбоната натрия, степень очистки раствора не достигала и 90%. Из рисунков 2 и 3 видно, что наибольшая степень удаления железа и меди получается также при использовании оксида кальция. По эффективности удаления железа гидроксид натрия превосходит карбонат натрия, а по меди уступает ему. Это может быть связано с большими расходами карбоната натрия на достижение pH=9,5.

Для достижения pH=9,5 к 1 литру исследуемого раствора добавлялось 41,3г CaO, 55г NaOH и 85,5г Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Полученные данные показывают, что наибольший расход реагента получается при применении карбоната натрия. Необходимо отметить, что осаждение гидроксидов металлов происходит при более низких значениях pH, а гидрокарбонатов – при более высоких его значениях. При этом процесс протекает через стадию образования гидрокарбонатов, и для окончания реакции требуется избыток карбоната натрия.

Таким образом, полученные результаты показывают, что наиболее подходящим реагентом для удаления из раствора электролитов цинка, железа и меди является оксид кальция. При низком его расходе относительно гидроксида натрия и карбоната натрия удаляется от 98,07% до 99,71% металлов. Очищенную воду можно снова использовать для приготовления растворов электролитов, которые могут повторно использоваться в технологическом процессе цинкования строительного крепежа.

#### Литература:

1. Волоцков Ф.П. Очистка и использование сточных вод гальванических производств: учебник (Заруб. опыт). - М.: Стройиздат, 1983. -104 с.
2. Штриплинг Л.О. Основы очистки сточных вод и переработки твердых отходов: Учебное пособие / Л.О. Штриплинг, Ф.П. Туренко; под ред. Омского государственного технического университета – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. –192 с.
3. Шубина А.Г. Очистка сточных вод на федеральном государственном унитарном предприятии «Опытный завод “Тамбоваппарат”» от ионов хрома, железа, меди и цинка / А.Г. Шубина, С.Е. Синюткина, Р.А. Шубин. Вестник ТГТУ. 2009. Том 15. №3. –С.598-603.
4. Прожорина Т.И. Возможность усовершенствования очистки сточных вод гальванического производства / Т.И. Прожорина, О.С. Бурлакова. Вестник ВГУ, Серия: География, Геоэкология, 2006, № 1 –С.67-70.
5. Богатырева А.В. Разработка технологии очистки сточных вод гальванического производства предприятий металлообработки / А.В. Богатырева, Т.И. Халтурина. Красноярск, 2016. -160с.
6. Атомно-абсорбционный спектрометр АAnalyst 800. Горелка. Руководство по использованию, 2008. -69с.
7. Руководство по эксплуатации YSI 556 MPS (Multi-Probe System), 2016. -136с.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ(AUTHORS BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Боқизода Домулло Зафарҷон	Боқизода Домулло Зафардҷон	Boqizoda Domullo Zafarjon
Унвонҷӯи Донишкадаи кӯҳию металлургии Тоҷикистон	Соискатель Горно-металлургического института Таджикистана	Applicant for the Mining and Metallurgical Institute of Tajikistan
Донишкадаи кӯҳию металлургии Тоҷикистон	Горно-металлургический институт Таджикистана	Mining - metallurgical Institute of Tajikistan
boqiev.domullo@mail.ru		

УДК 574(075.8)

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИГОНА ТБО (НА ПРИМЕРЕ Г. ДУШАНБЕ)

Х.Б. Бобоев

ТТУ имени академика М.С. Осими

**Аннотация.** В статье приведены результаты экспериментального исследования относительно влияния негативного воздействия фильтрата от полигона захоронения твёрдых бытовых отходов (далее ТБО) г. Душанбе на водные объекты. Проведены исследования процессов очистки фильтрата методами коагуляции и определена оптимальная доза коагулянта в диапазоне концентрации 20-30 мг/л для очистки фильтрата. Полученные результаты исследований являются основанием к разработке рекомендации по повышению уровня экологической безопасности полигона ТБО г. Душанбе с целью предотвращения загрязнения нижерасположенных территорий и водных объектов.

**Ключевые слова:** твёрдые бытовые отходы (ТБО), полигон, водные объекты, фильтрат.

### Тавсияҳо барои беҳтар кардани сатҳи бехатарии экологии иншоотҳои обӣ дар ҳудуди таъсиррасони партовгоҳи партовҳои саҳти маишӣ (дар мисоли партовгоҳи ш, Душанбе)

Дар мақолаи мазкур таҷриботи таҷрибавии таъсири манфии обҳои ифлос (филтрат) аз партовгоҳи партовҳои саҳти маишии (минбаъд ПСМ) ш. Душанбе барои иншоотҳои обӣ оварда шудааст. Омӯзиши равандҳои тозакунии оби филтрат бо усулҳои коагулятсия гузаронида шуда, микдори оптималии коагулянт дар доираи концентратсияи 20-30 мг/л барои тозакунии филтрат муайян карда шуд. Нағичаҳои таҷриботи бадастомада барои таҳияи тавсияҳо оид ба беҳтар намудани сатҳи бехатарии экологии партовгоҳи ПСМ ш. Душанбе бо мақсади пешгирии ифлосшавии муҳит дар қаламрави ӯ ҳудудӣ аз партовгоҳи поён ва иншоотҳои обӣ асос шудааст.

**Калимаҳои калидӣ:** партовҳои саҳти маишӣ (ПСМ), партовгоҳ, филтрат, обанборҳо, филтрат (обҳои ифлоси партовгоҳ).

### Recommendations for improving the level of ecological safety of water bodies in the area of influence of the MSW polygon (on the example of Dushanbe)

The article presents an experimental study of the influence of the negative impact of leachate from the landfill of solid domestic waste (hereinafter MSW) in Dushanbe on water bodies. Studies of the processes of filtrate purification by coagulation methods were carried out and the optimal dose of coagulant in the concentration range of 20-30 mg/l for filtrate purification was determined. The obtained research results are the basis for the development of recommendations to improve the level of environmental safety of the solid waste landfill in Dushanbe in order to prevent pollution of downstream territories and water bodies.

**Key words:** solid domestic waste (MSW), landfill, water bodies, filtrate.

### Введение

Полигон твёрдых бытовых отходов (далее ТБО) г. Душанбе эксплуатируется уже более 40 лет и предназначен для депонирования отходов [1-3]. Поэтому, с точки зрения эколого-технологических критериев, образование фильтрата с тела полигона является актуальной проблемой, и для повышения уровня экологической безопасности водных объектов необходим комплекс мероприятий, включающий в себя очистку и обезвреживание фильтрата. Поскольку размещенные на свалке отходы накоплены более чем за 40 лет, целесообразным способом их переработки является рекультивация.

Территория полигона ТБО составляет больше 20 гектаров, где с каждым годом с территории г. Душанбе завозится свыше 800 тыс. м<sup>3</sup> ТБО [1-3]. Полигон расположен на пастбище и нет подробных сведений о гидрогеологических условиях площадки размещения отходов. Фильтрат (сточные воды) от полигона ТБО скапливается в естественных понижениях рельефа местности, образуя водоемы - отстойники с характерным неприятным запахом. От полигона ТБО образуется жидкая фаза в виде растворов за счёт атмосферных осадков, влаги, выделяемой отходами, и биохимических процессов с выделением воды. Образующийся фильтрат проходит сквозь слой отходов и насыщается органическими и неорганическими токсичными компонентами. Не исключен вынос с фильтратом бактерий кишечных инфекционных и других заболеваний.

Для ориентировочного определения количества образовавшегося фильтрата нами была использована формула, разработанная В.В. Разнощиком, Н.Ф. Абрамовым. При этом установлено, что фильтрат не образуется при складировании ТБО влажностью менее 52% в климатических зонах, где годовое количество атмосферных осадков превышает не более чем на 100 мм количество влаги, испарившейся с поверхности полигона [4].

Рассчитанное по этой же методике ориентировочное значение количества образующегося фильтрата с полигона ТБО г. Душанбе составляет:

$$Q_{\phi} = 0,01 \cdot 14,35 (350 - 100) + 0,01 \cdot 800 \cdot (53 - 52) \approx 44,0 \text{ тыс. м}^3/\text{год.}$$

Общее ориентировочное количество фильтрата  $Q_{\phi.о.}$ , образовавшегося за период эксплуатации – 1978-2018 гг., приблизительно составит:

$$Q_{ф.о.} = 40 \cdot 44,0 \approx 1775 \text{ тыс.м}^3$$

### Экспериментальные исследования.

С целью исследования химического состава проба фильтрата полигона ТБО г. Душанбе объемом 5-7 л была отобрана из надземных скоплений (накопительном пруде) в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб». Исследования отобранных образцов фильтрата проводили в лаборатории Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ и на кафедре «Безопасность жизнедеятельности и экологии» ТТУ им. академика М.С. Осими.

Основными контролируруемыми параметрами являлись взвешенные вещества, pH, жёсткость, хлориды, сульфаты, нефтепродукты, нитраты, фосфаты и железо.

Химический анализ проб фильтрата, отобранных из тела полигона, показал, что фильтрат является высококонцентрированным, содержащим токсичные компоненты, раствором. Фильтрат представляет собой жидкость от черного до желто-коричневого цвета со специфическим тухлым запахом. Содержание взвешенных веществ определяли гравиметрическим методом согласно методике [5].

Измерение массового содержания ПАВ и нефтепродуктов (НП) выполняли методом ИК-фотометрии с использованием концентратомера КН-2м. Определение содержания нефтепродуктов по этому методу основано на выделении нефтяных компонентов экстракции четыреххлористого углерода, хроматографического отделения углеводородов от соединений других классов в колонке с оксидом алюминия и количественном их определении по интенсивности поглощения C-H связей метиленовых (-CH<sub>2</sub>-) и метильных (-CH<sub>3</sub>-) групп в инфракрасной области спектра фотометрическим способом.

Диапазон определяемых концентраций нефтепродуктов (НП) находится в пределе от 0,02 до 2,00 мг/дм<sup>3</sup> [6].

Массовую концентрацию нефтепродуктов X, мг/дм<sup>3</sup> в пробе анализируемой воды рассчитывали по формуле:

$$X = \frac{X_{изм} \cdot V_{эк} \cdot K}{V}$$

где: X<sub>изм</sub> - результат измерения массовой концентрации НП в элюате на концентратомере, мг/дм<sup>3</sup>; V<sub>эк</sub> - объем четыреххлористого углерода, использованного для проведения экстракции (V<sub>эк</sub> = 10 см<sup>3</sup>); K - коэффициент разбавления, т.е. соотношение объемов мерной колбы и аликвоты элюата; V - объем пробы анализируемой воды, см<sup>3</sup>.

Результаты химического анализа с применением тест-систем «Пчелка-Р» [8-10], гравиметрического анализа и ИК-фотометрии, с выводами относительно ПДК для водоемов приведены в табл. 1.

Таблица 1. - Результаты химического анализа сточных вод полигона

Наименование методов анализа	Определяемый компонент	Показатели анализа сточных вод (фильтрата), мг/л	ПДК вод., мг/л	Выводы по превышению ПДК
Активный хлор-тест системы	Активный хлор в свободном и связанном видах	1.2	Не допускается	Загрязнение слабое
Нитрат-тест системы	Нитрат-анион NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	80	45	Загрязнение умеренное (превышение ПДК 2 раза)
Нитрит-тест системы	Нитрит-анион NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	3.0	3.3	Загрязнение слабое
Сульфид-тест системы	H <sub>2</sub> S, HS <sup>-</sup> , S <sup>2-</sup> , органические сульфиды	20	Не допускается	Загрязнение слабое
pH-тест	Кислотность (щелочность)	4.5-5.6	6.5-8.5	Сильное загрязнение кислотами
Гравиметрический анализ	Взвешенные вещества, мг/л	305.2	1000	Загрязнение слабое
ИК-фотометрии	Органические вещества: ПАВ и нефтепродукты	0.35 0.63	0.2 0.3	Загрязнение сильное

Таким образом, анализ химического состава фильтрата показывает необходимость разработки технологий сбора и очистки фильтрационных вод от полигона ТБО.

Во втором этапе исследований проведены исследования процессов очистки фильтрата методами коагуляции.

**Материальное обеспечение работы:** отбор проб фильтрата с тела полигона ТБО в объеме 3 л., 2%-ный раствор коагулянта сульфата алюминия  $Al_2(SO_4)_3$ ; 1%-ный раствор известкового молока  $Ca(OH)_2$ , мерные колбы, пипетки, индикатор – лакмусовая бумага, электронные аналитические весы, спектрофотометр В-1100 и магнитная мешалка TAGLER модель MM 135. В качестве отстойника была использована стеклянная колба вместимостью до 500 мл фильтрата.

Степень очистки фильтрата оценивали по степени осветления воды путем измерения оптической плотности на спектрофотометре В-1100 при длине волны  $\lambda = 500$  нм. в кюветках рабочей длины 3 мм. По результатам исследования построили кривую зависимости оптической плотности исследуемого фильтрата от дозы коагулянта  $Al_2(SO_4)_3$  с подщелачиванием  $Ca(OH)_2$ . (рис. 1). По точке перелома определили оптимальную дозу коагулянта для очистки фильтрата с тела полигона ТБО г. Душанбе.

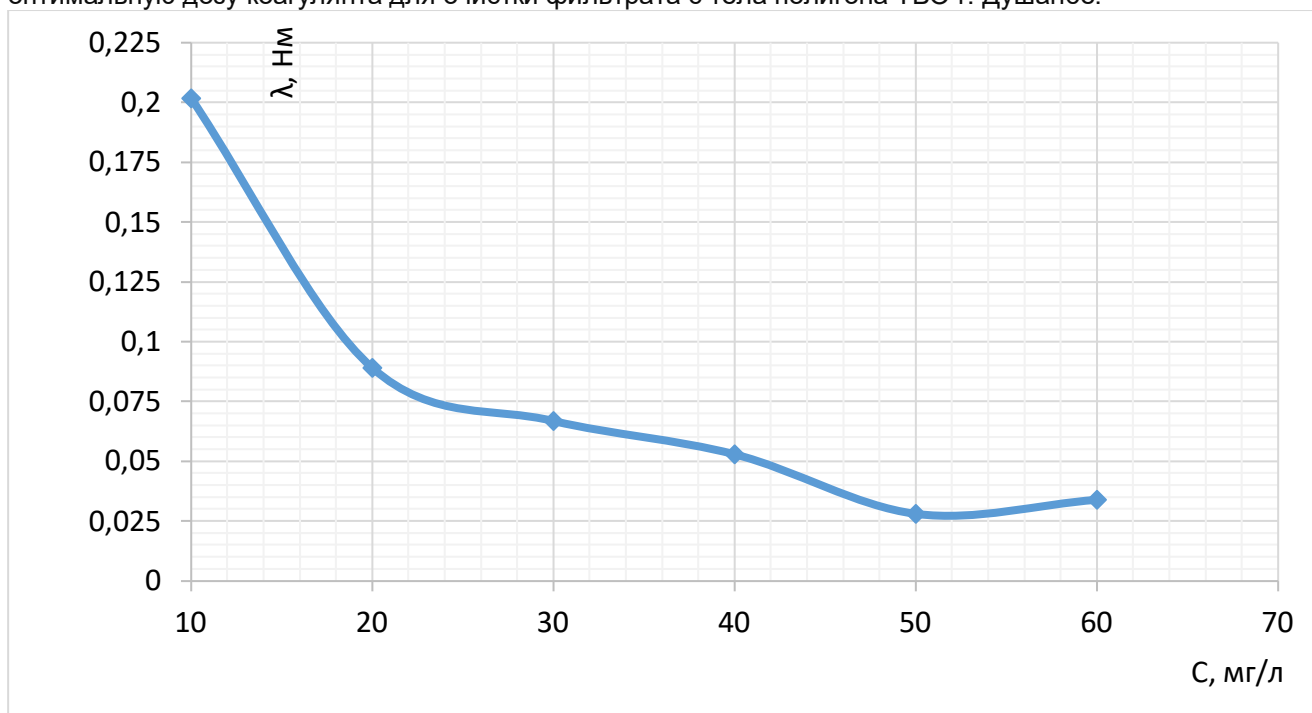


Рисунок 1. - Зависимость оптической плотности фильтрата от коагулянта  $Al_2(SO_4)_3$  с подщелачиванием  $Ca(OH)_2$

Анализ показывает, что, эффективность очистки фильтрата с использованием коагулянта  $Al_2(SO_4)_3$  требует подщелачивания. При небольшой дозе подщелачивающего реагента  $Ca(OH)_2$  (1,0 мг/л) эффективность осветления фильтрата и глубина очистки от взвешенных веществ увеличилась. При дозах коагулянта более 30 мг/л эффективности очистки фильтрата по определению цветности раствора ухудшается. Это означает, что при высоких значениях щелочности воды ионы бикарбоната могут подавлять реакцию гидролиза соли коагулянта. Однако при оптимальных их концентрациях они подавляют взаимодействие ионов сульфатов и хлоридов с катионами металла соли коагулирующего реагента, что способствует более полному протеканию реакции гидролиза [7]. Поэтому при соблюдении дозы коагулянта в диапазоне концентрации 20-30 мг/л эффективность очистки по цветности высокая 80-90%.

На рис. 2 рекомендована схема оптимального варианта очистки фильтрата, способствующая высокой степени очистки от органических и неорганических соединений. Проектная производительность такого комплекса очистных сооружений для полигона ТБО г. Душанбе примерно составляет 120-150 м<sup>3</sup>/сут.

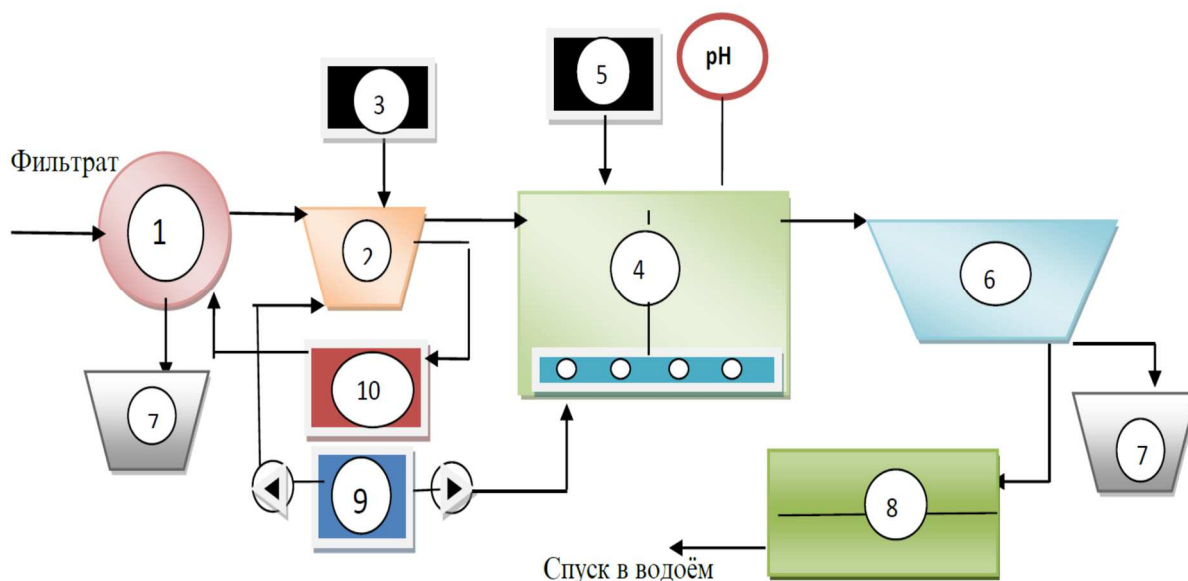


Рисунок 2. - Технологическая схема очистки фильтрата полигона ТБО методом коагуляции

1 - ёмкость для приема фильтрата, 2 - ступень известкования, 3 - внесение известкового молока, 4 - ступень коагуляции, 5 - внесение сульфата алюминия, 6 - тонкослойный отстойник, 7 - ёмкость для приема осадка, 8 - каскадные гидробиологические сооружения, 9-компрессор для аэрирования емкостей 2 и 4, 10 - ёмкость для приема пены.

Принцип работы данной технологической схемы заключается в том, что фильтрат от полигона ТБО проходит механическую очистку и стоки, собирается в емкости 1, затем поступает в смеситель 2 и 5, куда подается известковое молоко при небольшой дозе 1.0-1.5 мг/л. Коагулянт  $Al_2(SO_4)_3$  подается в диапазоне концентрации 20-30 мг/л до установления значения pH в интервале 5.0 - 7.5. Для перемешивания фильтрата с реагентами подается воздух от компрессора 9 для аэрирования. Затем суспензия подается в вертикальный отстойник 6 для разделения фазы (осадок и осветленная вода), где ориентировочно будут снижены ХПК на 50% и концентрация тяжелых металлов до 80%, после чего стоки направляются на доочистку в каскадные биологические пруды 8 для снижения остаточного загрязнения по БПК, аммонийному азоту, концентрациям тяжелых металлов [7]. Полученный осадок, образующийся в отстойнике 7 в виде шлама, можно использовать как добавку в строительных материалах.

### Выводы.

В ходе проделанной работы, можно сделать следующие выводы:

- при совместном использовании коагулянта  $Al_2(SO_4)_3$  и известкового молока снижается расход коагулянта  $Al_2(SO_4)_3$  на очистку фильтрата;
- при проведении процесса очистки можно использовать известковое молоко из шламового отхода производства, а использование каскадных биологических прудов менее трудоёмки с меньшими затратами;
- применение коагулянтов даёт хорошие результаты по выведению из стоков взвешенных и коллоидных частиц и позволяет избавляться из неприятного запаха, вкуса и мутности очищенной воды.

### Список литературы

1. Ниёзов Ф.Р. Применение активного ила на основе осадков сточных вод в виде сырья для производства удобрений / Ф.Р. Ниёзов / В сборнике: Дальневосточная весна - 2021. Материалы 19-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 157-159.
2. Норкулова Г.Р., Таъсири партовҳои нақлиёт ба ҳавои атмосфера ва афзалиятҳои газ ҳамчун навъи сӯзишворӣ / Норкулова Г.Р., Азимов Д.С., Шерализода М.У., Зоиров Ф.Б. / Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2021. № 1 (53). С. 76-80.
3. Назаров З.С. Материальный баланс способа комплексной переработки отходов шламового поля ГУП «ТАЛКО», водной отмывки и азотно-кислотного разложения твердого остатка от водной обработки / З.С. Назаров, Ш.Х. Савзаева, Б.Ш. Назаров, и др // В сборнике: Передовые технологии и материалы будущего. Сборник статей IV Международной научно-технической конференции. В 3-х томах. Минск, 2021. С. 3-6..
4. Рекомендации по сбору, очистке и отведению сточных вод полигонов захоронения твердых бытовых отходов. -Москва, 2003. -47с.
5. Савзаева Ш.Х. Физико-химические основы переработки алунитового сырья токмакского месторождения методом спекания с хлоридом кальция / Ш.Х. Савзаева, Ш.Б. Назаров, // В сборнике: Донецкие чтения 2021:



образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. материалы VI Международной научной конференции. Донецк, 2021. С. 282-284..

6. Азимов Д.С. Влияние переменного частотно-модулируемого сигнала на рН и испарение влаги из гидрогеля на основе акрилового полимера / Азимов Д.С. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2021. № 3 (55). С. 35-38..

7. Вайсман Я.И. Физико-химические методы защиты биосферы. Очистка фильтрационных вод полигонов захоронения твердых бытовых отходов: учеб. пособие. -Пермь: Перм. гос. техн. ун-т., 2005. -197 с.

8. Норкулова Г.Р. Инвентаризация выбросов парниковых газов на территории Республики Таджикистан / Г.Р. Норкулова // В сборнике: Дальневосточная весна - 2021. Материалы 19-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 48-50..

9. Mai Trong Ba Effects of AC frequency on the Physicochemical Characteristics of water / Mai Trong Ba, Knyazev Alexander Sergeevich and Ivakhnyuk Grigory Konstantinovich // Key Engineering Materials, 2017. - Volume 743. - P. 326-330.

10. Азимов Д.С., Решение по разработке проекта очистки фильтрационных вод полигона твёрдых бытовых отходов г. Душанбе В сборнике: Донецкие чтения 2021: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Материалы VI Международной научной конференции. Донецк, 2021. С. 49-52.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS BACKGROUND)

ТJ	RU	EN
Бобоев Хакназар Бобоевич	Бобоев Хакназар Бобоевич	Boboev Haqnazar Boboevich
Муалими калон	Ст. преподаватель	Senior Lecturer
ДТТ ба номи акад. М.С.Осимй	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
boboev h@mail.ru		

УДК 57.013

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СИГНАЛА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ

Р.О. Азизов, Д.С. Азимов, Ш.Ф. Шоев, Ф. Нуриддини

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

**Аннотация.** Приведены результаты исследования физико-химических свойств дистиллированной воды, подверженной переменному частотно-модулированному сигналу (ПЧМС). Как источник переменного частотно-модулированного сигнала в работе был использован прибор «МАГ-24», который обеспечивал возможность изменения структурных и характеристических свойств вещества и управления типовыми физико-химическими процессами на границе раздела фаз. Таким образом, было выявлено, что в процессе воздействия частотно-модулированного сигнала на физико-химические свойства воды изменяются.

При исследовании влияния электрического сигнала на испаряемость воды выявлено, что в зависимости от длительности обработки увеличивается ее испаряемость. Исследование динамической вязкости дистиллированной воды осуществлялось методикой времени истечения жидкости из бюретки, результаты которой показали, что в зависимости от времени воздействия переменного частотно-модулированного сигнала динамическая вязкость уменьшалась на 1,4 кг/м<sup>3</sup>, а также наблюдалось снижение плотности в зависимости от времени обработки.

Ключевые слова: переменный частотно-модулированный сигнал, дистиллированная вода, физико-химические свойства, плотность, поверхностное натяжение, масса, вязкость.

### ТАЪСИРИ СИГНАЛИ ЭЛЕКТРИИ БА ХУСИЯТҲОИ ФИЗИКӢ ВА ХИМИЯВИИ ОБ

Натигаҳои омӯзиши таъсири коркарди оби муқатар бо сигналҳои электрикии моделиронидашудаи басомадашон тағйирёбанда ба хосиятҳои физико-химиявии он оварда шудааст. Натигаҳо нишон дод, ки дар раванди таъсири сигнали электрикии басомади, кашиши сатҳӣ ва бухоршавии об меафзояд; камшавӣ ва зичии динамикӣ кам мешавад; раванди бухоршавӣ бо шадидтар суръат мегирад ва бо тағйирёбии часпак ба таври антикӣ ба ҳам алоқаманд аст. Маълумоти бадастомада нишон медиҳад, ки дар бораи тағйир ёфтани хосиятҳои об метавонад дароянда ҳангоми омода сохтани маводҳои табобати истифода шавад.

Калимаҳои калидӣ: Оби муқатар, сигнали электрикии моделиронидашудаи басомадаш тағйирёбанда, часпакӣ, бухоршавӣ.

### EFFECTS OF ELECTRIC SIGNAL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF WATER

**Abstract** - The results of a study of the physicochemical properties of distilled water subjected to a variable frequency-modulated signal (PCHMS) are presented. The MAG-24 device was used as a source of a variable frequency-modulated signal, which provided the ability to change the structural and characteristic properties of a substance and control typical physicochemical processes at the interface. Thus, it was revealed that in the process of the effect of the frequency-modulated modulated signal on the physicochemical properties of water changes. When studying the effect of an electric signal on the evaporation of water, it was found that, depending on the duration of the treatment, its evaporation increases. The study of the dynamic viscosity of distilled water was carried out by the method of the time of liquid flow from the burette, the results of which showed that, depending on the time of exposure to the variable frequency-modulated signal, the dynamic viscosity fit by 1.4 kg / m<sup>3</sup>, and a decrease in density was observed depending on the processing time. The evaporation process is more intense and is interrelated with the change in viscosity. The data obtained confirm the current working hypothesis - the assumption about the possibility of imparting properties to water that improve the therapeutic efficacy of drugs based on it.

Keywords: variable frequency-modulated signal, distilled water, physical and chemical properties, density, surface tension, mass, viscosity.

**Введение.** Несмотря на многовековые исследования воды, вопросы изменения ее свойств и структуры под влиянием внешних воздействий остаются предметом многочисленных теоретических и экспериментальных работ.

Актуальность данной работы заключается в том, что в настоящее время применение воды, предварительно обработанной физическими полями различной природы, нашло широкое применение в науке, технике, медицине.

Известно, что у взрослого человека внутриклеточная вода составляет 65 % от общей массы тела [1-3]. Наличие воды в организме является одним из основных условий жизнедеятельности. Различают свободную и связанную структурированную воду. Свободная вода определяет интенсивность физиологических процессов и связана с устойчивостью организма при воздействии на него неблагоприятных факторов.

Считают, что вода имеет структуру, которая меняется под действием физических факторов: температуры, давления, звука и ультразвука, электрического тока, магнитного поля, лазерного излучения и т.д. Изменение физико-химических свойств воды (как среды) вызывает изменение активности протекающих процессов обмена как в клетках тела, так и в целом - в тканях и органах [4]. Так, например, результаты исследований последних десятилетий в области медицины показывают [5], что действие электрических и магнитных полей на воду приводит к повышению ее микробной устойчивости. Однако до сих пор не выяснены механизмы воздействия, что привлекает интерес исследователей к этой проблеме [6].

Магнитная очистка воды - это воздействие магнитных полей на поток воды, идущий перпендикулярно магнитным силовым линиям. Вероятность того, что конфигурация качества воды не содержит примесей при прохождении через магнитные поля отрицается почти всеми учеными [9-12].

Пока неясен механизм действия электронных полей на воду и ее примеси. Но был выдвинут ряд гипотез, которые можно систематизировать на 3 группы: коллоидные, ионные и водные.

Согласно коллоидной доктрине магнитный фон, воздействуя на воду, обладает способностью разрушать коллоидные частицы (мелкие загрязнения, объем до 0,1 мкм). Таким образом, грязь не оседает на стенках резервуаров, а просто удаляется в виде осадка [13].

В рамках ионной доктрины аномальные свойства воды, образующиеся под действием магнитного поля, объясняются процессами поляризации и разрушения ионов соли. Ионы сходятся и образуют кристаллическую форму соли, из-за которой вместо накипи образуется мелкозернистый осадок, который не оседает.

**Цель и задачи исследования.** Целью данного исследования является изучение влияния переменного частотно-модулированного электрического поля на физико-химические свойства дистиллированной воды, предназначенной для биологически-активного гидрогеля на основе полимера карбопола «ЕДТ 2020».

В соответствии с целью данной работы были определены следующие основные задачи исследования:

- изучение влияния ПЧМС на физико-химические свойства дистиллированной воды;
- изучение влияния ПЧМС на надмолекулярные свойства дистиллированной воды.

**Материалы и методы исследования.** Для проведения экспериментальных исследований был создан прибор «МАГ-24 [15] (Рисунок 2).

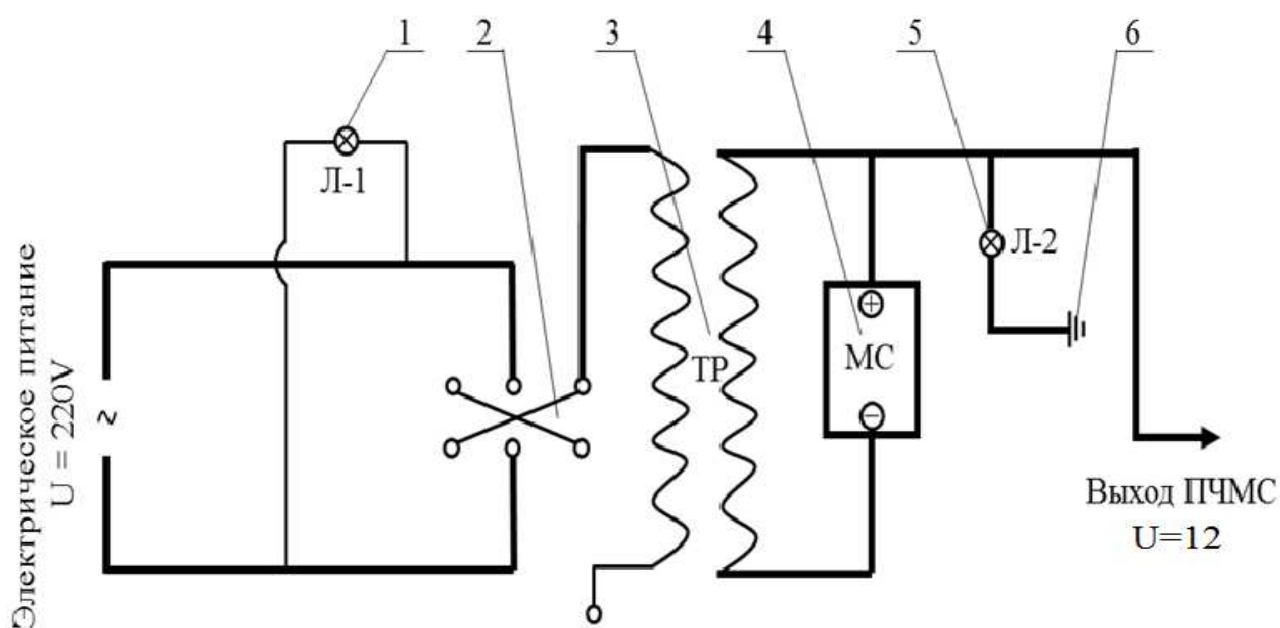


Рисунок 2. Электрическая схема прибора ПЧМС для электрофизической обработки воды 1-лампа; 2-переход; 3-трансформатор ОСМ-1; 4-микросхема; 5-лампа; 6-заземление

Для обработки с прибором ПЧМС были использованы медяные электроды.

### Результаты и обсуждения

Как следует из работ [3, 5, 14], воздействие электрического поля не только изменяет физико-химические свойства, надмолекулярную структуру воды, но и определенное время сохраняет эти изменения и передаёт их другим веществам, изготовленным на основе этой модифицированной воды.

Влияние воздействия ПЧМС на надмолекулярную структуру воды проводилось методом лазерного светорассеивания на спектрометре марки ЛКС-03.

Результаты показывают кардинальное перераспределение пространственных характеристик кластеров воды (рисунок 1).

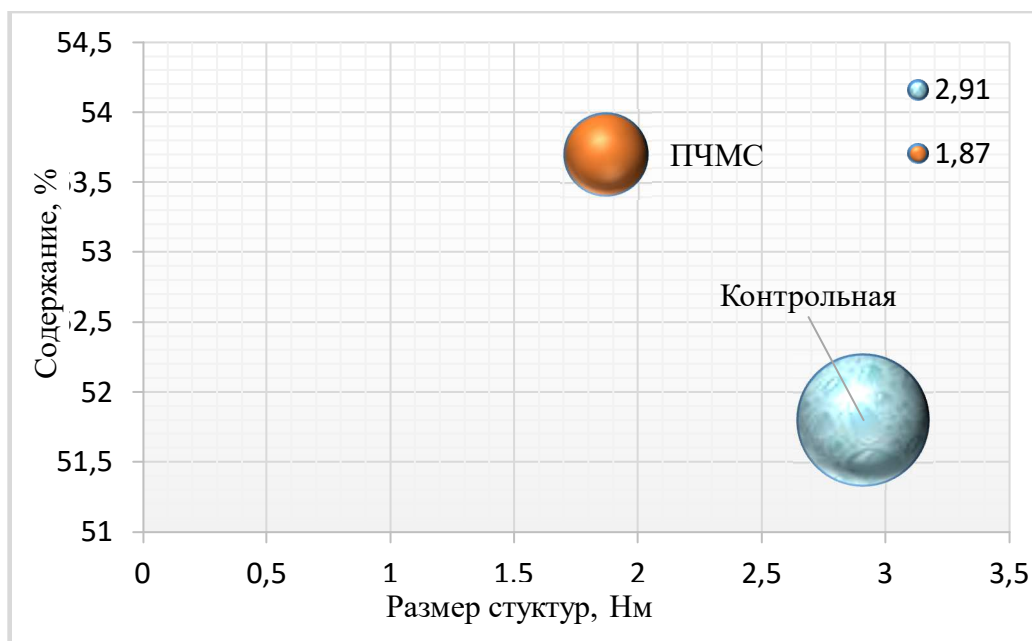


Рисунок 1 - Изменение размеров и концентрации кластеров при влиянии ПЧМС на дистиллированную воду.

Изменение размеров структурных образований для дистиллированной воды связано с увеличением подвижности молекул вследствие поглощения энергии электрического поля, уменьшения водородных связей с последующей перестройкой надмолекулярных образований.

Исследование плотности модифицированной воды проводилось пикнометрическим методом с помощью стеклянного прибора типа Гей-Люссака. Результаты приведены на рисунке 2.

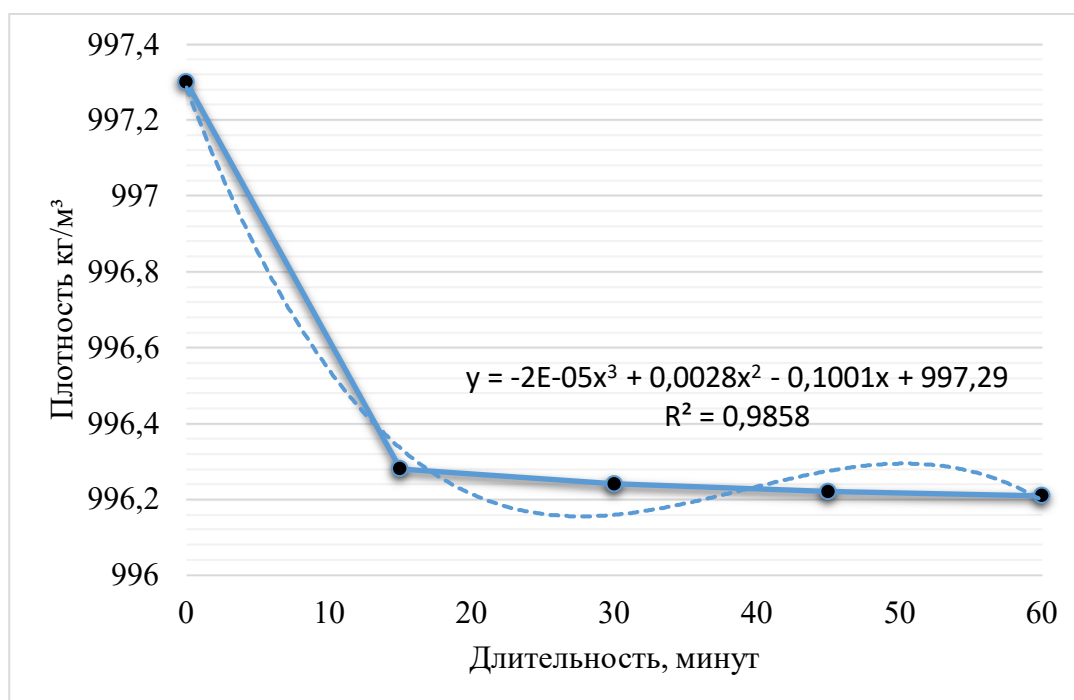


Рисунок 2 - Изменение плотности дистиллированной воды после обработки электрофизическим методом

В ходе исследования отмечено, что в условиях электрофизического воздействия происходило снижение плотности дистиллированной воды в течение первых 15 мин. воздействия. В дальнейшем существенного изменения плотности воды не наблюдалось.

Уменьшение плотности обработанной воды косвенно подтверждает изменение ее структуры и физико-химических параметров.

Изменение величины поверхностного натяжения воды при электрофизическом воздействии проводилось методом отрыва капель. Результаты изменения поверхностного натяжения представлены на рисунке 3.

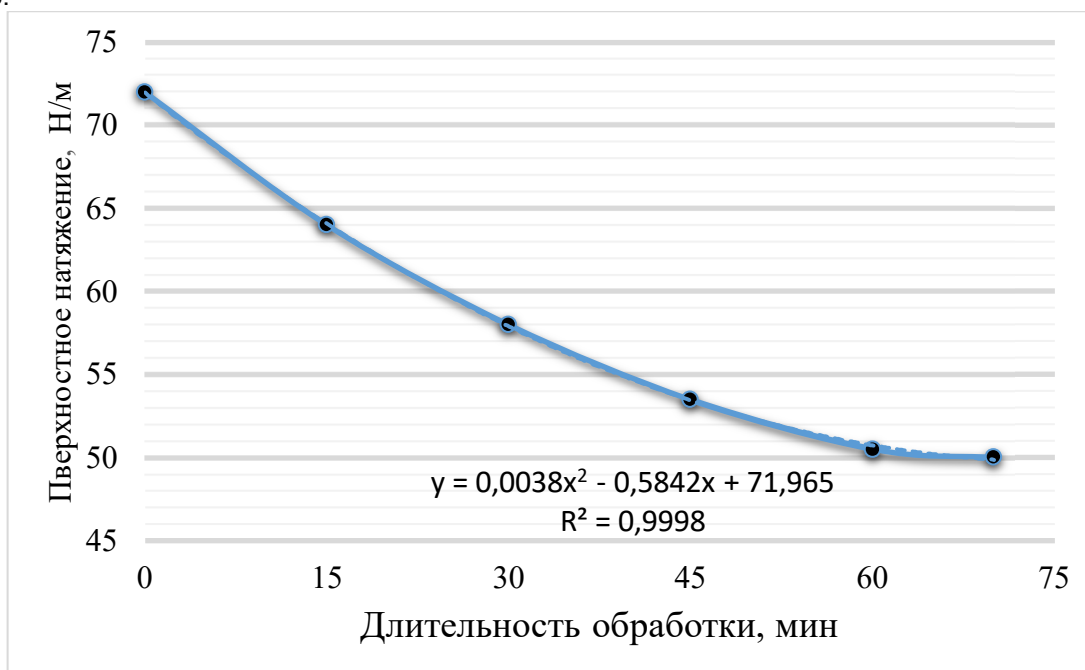


Рисунок 3 - Изменение поверхностного натяжения дистиллированной воды при электрофизическом воздействии в течение 70 мин.

Анализ значений поверхностного натяжения дистиллированной воды в результате воздействия ПЧМС показал, что оно снижается на 11±28 % (в зависимости от длительности обработки) в течение времени эксперимента и после 60 минут практически остается постоянным.

Данный результат позволяет определить оптимальное время электрофизического воздействия для изменения поверхностного натяжения воды и коррелирует с результатами измерения интенсивности испарения воды в условиях электрофизического воздействия.

Расчет массы дистиллированной воды заключался в испарении жидкости, обработанной ПЧМС в течение 15, 30, 45 и 60 минут, с открытой поверхности при отсутствии потока воздушных масс, которые могут увеличить скорость удаления паров. В одну выпарительную емкость была налита необработанная дистиллированная вода (контрольный образец), в другие - дистиллированная вода, обработанная ПЧМС в течение заданного времени. Через каждые 15 минут до 60 минут на весах определялась масса воды, налитой в чаши. Значения эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Испаряемость дистиллированной воды

Дистиллирован-ная вода	Масса жидкости, г					Доля испарившейся жидкости, %			
	В начале	За 15 мин.	За 30 мин.	За 45 мин.	За 60 мин.	За 15 мин.	За 30 мин.	За 45 мин.	За 60 мин.
Необработанная	21,73	21,68	21,57	21,49	21,45	0,23	0,73	1,11	1,28
Обработанная, 15 мин.	21,72	21,67	21,55	21,47	21,44	0,25	0,82	1,14	1,34
Обработанная, 30 мин.	21,72	21,66	21,54	21,47	21,42	0,26	0,86	1,16	1,37
Обработанная, 45 мин.	21,38	21,29	21,16	21,08	21,08	0,29	0,88	1,25	1,53
Обработанная, 60 мин.	21,40	21,33	21,21	21,12	21,12	0,31	0,92	1,31	1,57

Анализ результатов показал, что с увеличением длительности воздействия ПЧМС на воду увеличивается интенсивность испарения воды, что свидетельствует об изменении сил поверхностного натяжения в модифицированной жидкости. Данный результат позволяет говорить о возможности управления процессами испарения на границе раздела фаз в различных технологиях, связанных с обращением электрофизической обработанной воды.

Для определения динамической вязкости использовалась бюретка объемом 25 мл, которая заполнялась дистиллированной водой, предварительно обработанной ПЧМС, в течение 60 минут с интервалом 15 минут. Результаты динамической вязкости модифицированной воды показаны в таблице 2.

Таблица 2. Зависимость динамической вязкости дистиллированной воды от времени ее модификации ПЧМС

Дистиллированная вода	Температура воды, °С	Среднее время $\tau$ , Секунд	Динамическая вязкость, $\mu\cdot 10^{-3}$ , Па.с
Необработанная	25	14,75	0,921
Обработанная 15 мин		14,62	0,910
Обработанная 30 мин		14,46	0,903
Обработанная 45 мин		14,40	0,897
Обработанная 60 мин		14,32	0,896

Анализ результатов эксперимента показал, что с повышением длительности обработки воды ПЧМС среднее время истечения жидкости уменьшается незначительно (на 2,68%). Полученные средние значения времени истечения используются в аналитических соотношениях для расчета динамической вязкости, которая определяется по закону Пуазейля.

Полученный результат позволяет говорить о возможности использования электрофизической обработанной воды в пористых и живых системах, без риска остановки или застоя жидкости в капиллярах [5, 14].

### Выводы

В ходе проведенных исследований по изучению воздействия переменного частотно-модулированного сигнала на свойства различных веществ были получены результаты, определяющие воздействие ПЧМС на поверхностное натяжение дистиллированной воды, ее динамическую вязкость и плотность, а также процесс испарения с открытой поверхности.

Экспериментально подтвержден факт изменения физико-химических свойств воды вследствие перестройки под воздействием ПЧМС ее надмолекулярной структуры. Результаты свидетельствуют о том, что под воздействием ПЧМС наблюдается уменьшение размеров кластеров воды от 2,87 нм до 1,83 нм, плотности на 2,0%, поверхностного натяжения на 20%, увеличение доли испарившейся жидкости за 60 минут на 1,57%, снижение вязкости на 2,9%.

### Список литературы

1. Mai Trong Ba. Effects of AC frequency on the Physicochemical Characteristics of water / Azimov Dodarbek Sadridinovich, Mai Trong Ba, Knyazev Alexander Sergeevich and Ivakhnyuk Grigory Konstantinovich // Key Engineering Materials, 2017. - Volume 743. – pp. 326-330.
2. Мусиенко К.С. Изучение влияния физических полей на физико-химические свойства воды // К.С. Мусиенко, Т.М. Игнатова, В.В. Глазкова / Биомедицинская инженерия и электроника. - 2014. - № 2. - С. 84-90.
3. Азимов, Д.С. Влияние переменного частотно-модулированного электрического сигнала на состояние надмолекулярной структуры воды / Д.С. Азимов, Г.К. Ивахнюк, А.А. Рахматуллозода // В книге: Неделя науки - 2019. Сборник тезисов IX научно-технической конференции (с международным участием) студентов, аспирантов и молодых ученых в рамках мероприятий, посвященных 150-летию открытия Периодического закона химических элементов Д.И. Менделеевым. 2019. С. 10.
4. Май Чонг Ба. Электрофизическая обработка поливной воды для первоочередного обеспечения сельхозпродуктами населения в условиях ЧС / Ч. Ба. Май, // В книге: Сборник тезисов VI Научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (с международным участием) "Неделя науки-2016". Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). 2016. С. 232.
5. Ивахнюк Г.К. Влияние переменного частотно-модулированного сигнала на физико-химические свойства дистиллированной воды и гидрогеля акрилового полимера на ее основе / Г.К. Ивахнюк, М.Т. Идиев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. - 2018. – №3 (43). – С. 20-26.
6. Иванов А.В. Исследование спектров комбинационного рассеяния воды в условиях воздействия переменного частотно-модулированного потенциала // А.В. Иванов, Е.Н. Кадочникова, А.С. Плотникова / Известия СПБУГПС МЧСР. 2014. №4. - С. 45-50.
7. Власов В.А. Анализ процессов, обуславливающих влияние магнитного поля на структуру и свойства воды // В.А. Власов, В.Ф. Мышкин, В.А. Хан / Научный журнал КубГАУ. - 2012. -№ 81. - С. 147-159.
8. Азимов, Д.С. Влияние переменного частотно-модулируемого сигнала на регенераторные свойства гидрогеля на основе акрилового полимера / Д.С. Азимов, Р.О. Азизов // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук. - 2020. – №3 (210) – С. 47-51.
9. Бульенков Н.А. "Самоорганизующиеся триплетные структуры идеальных фракталов связанной воды с симметрией D3 и T" // Кристаллография, 1990. - Т. 35. - С.147-154.

10. Май Чонг Ба, Влияние физико-химических свойств воды на возделывание риса / Ч. Ба. Май, // В книге: Материалы научной конференции "Традиции и инновации", посвященной 188-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2016. С. 237.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Азизов Рустам Очилидиевич	Азизов Рустам Очилидиевич	Azizov Rustam Ochilidievch
Доктори илмҳои техники, профессор	док. тех. наук., профессор	doctor of technical sciences, professor
ДТТ ба номи акад. М.С.Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
<a href="mailto:rustam.azizov57@gmail.com">rustam.azizov57@gmail.com</a>		
TJ	RU	EN
Азимов Додарбек Садриддинович	Азимов Додарбек Садриддинович	Azimov Dodarbek Sadriddinovich
Н.и.т., ассистент	к. т. н., ассистент	Candidate of Technical Sciences, assistant
ДТТ ба номи акад. М.С.Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
<a href="mailto:bek_azimov91@mail.ru">bek_azimov91@mail.ru</a>		
<a href="https://orcid.org/0000-0001-9040-513X">https://orcid.org/0000-0001-9040-513X</a>		
TJ	RU	EN
Шоев Шарифчон Файзович	Шоев Шарифджон Файзович	Shoev Sharifjon Faizovich
магистр	магистр	master
ДТТ ба номи акад. М.С.Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
<a href="mailto:ShocevF-95@mail.ru">ShocevF-95@mail.ru</a>		
<a href="https://orcid.org/0000-0003-2159-5609">https://orcid.org/0000-0003-2159-5609</a>		
TJ	RU	EN
Нуриддини Файз	Нуриддини Файз	Nouriddini Faiz
Н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	Candidate of Technical Sciences
ДТТ ба номи акад. М.С.Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
<a href="mailto:Nuriddin86@mail.ru">Nuriddin86@mail.ru</a>		
<a href="https://orcid.org/0000-0001-8567-3524">https://orcid.org/0000-0001-8567-3524</a>		

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БУФЕРНОГО СОЛЕВОГО РАСТВОРА С  
ОБРАЗЦОМ ПОРОДЫ, ВЗЯТОЙ ИЗ ЗОНЫ ЦЕМЕНТАЦИИ ОГОЛОВКИ ПЛАСТА  
СОЛИ**

**Б.Н. Рахимов**

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими



Данная работа предусматривает проведение физико-химических исследований для уточнения состава рассола для солевой системы мониторинга состояния солезашиты, мониторинга состояния ВЗС (временной солевой завесы), а также накопленного опыта рабочего взаимодействия различных рассолов с парами солевых растворов.

**Ключевые слова:** каменная соль, солезашита, плотина, химическая суффозия, солевая завеса, гидравлическая завеса, зона цементации, рассол, диффузия, фильтрация.

## STUDY OF INTERACTION OF BUFFER SALT SOLUTION WITH A SAMPLE OF ROCK TAKEN FROM THE CEMENTATION ZONE SALT FORMATION HEADS

This work provides for physical and chemical research to clarify the composition of the brine for the salt system for monitoring the state of salt protection, monitoring the state of the VZS (temporary salt curtain), as well as the accumulated experience of work interaction of various brines with vapors of saline solutions.

**Key words:** rock salt, salt protection, dam, chemical suffusion, salt curtain, hydraulic curtain, cementation zone, brine, diffusion, filtration.

## ТАДҚИҚИ ТАЪСИРИ МУТАҚОБИЛАИ НАМАКОБИ БУФЕРӢ БО НАМУНАИ НАМАКСАНГИ АЗ МИНТАҚАИ СЕМЕНТАТСИЯИ ҚУЛЛАИ ҚАБАТИ НАМАК ГИРИФТАШУДА

Дар кори мазкур гузаронидани тадқиқи физикӣ – химиявӣ чиҳати муайян намудани таркиби намакоб барои қабати намак бо назардошти хусусиятҳои гидрогеохимиявии минтақаи муҳофизат, мушоҳидаи ҳолати пардаи намаки муваққати, инчунин аз таҷрибаҳои гузашташудаи мутақобил таъсири намақҳобҳои гуногун бо сангҳои намақдор пешбини шудааст.

**Калимаҳои калидӣ:** намаки санг, ҳифзи намак, сарбанд, сӯзиши химиявӣ, пардаи намак, пардаи гидравликӣ, минтақаи сементатсия, намакоб, диффузия, филтр.

### Введение

В основании сооружения гидроузла залегают породы осадочной толщи Афгано-Таджикской депрессии, сложенной неравномерно переслаивающимися песчаниками, алевролитами, аргиллитами. В 500 м выше створа плотины в Ионахском разломе прослеживается пласт соляной породы мощностью в оголовке 1-2 до 10-12 м вверх, а на глубине около 1,5 км – мощностью 100 м. Пласт соляной породы висячем крыле контактирует с верхнеюрскими аргиллитами и алевролитами, которые характеризуются повышенной раздробленностью, а трещины выполнены глиной или гипсом. Вблизи пласта аргиллиты загипсованы (до 20%). Гипс заполняет микротрещины и мелкие пустоты, как бы цементируя породу. В лежащем крыле пласт соли контактирует с материалом дробления или с песчаниками и аргиллитами мела. При этом у песчаников преобладает карбонатный или карбонато-глинистый цемент, а у алевролитов и аргиллитов – глинистый [1].

Водопроницаемость пород, вмещающих пласт соляной породы, составляет 0,06-0,2 м/с. Пласт соляной породы имеет плотное сложение (видимых трещин в нем не обнаружено), включает мелкие угловатые обломки алевролитов и аргиллитов, ангидрит, прослои и линзы гипса. В шлифах соляной породы видны микротрещины, заполненные гидроокислами железа и кальцитом [1].

Проектом гидроузла предусматриваются защитные мероприятия от размыва пласта соляной породы, включающие: цементацию пород над оголовком пласта соли; устройство с низовой стороны пласта соли напорных рядов гидравлической и солевой завес [1].

Солевая завеса представляет собой ряд напорных скважин, устраиваемых в юрских аргиллитах с нагнетанием в них высокоминерализованного рассола. Гидравлическая завеса устраивается за солевой завесой и состоит из напорных скважин, в которые нагнетается пресная вода [1].

**Постановка задачи:** Выбор химического состава рассола для солевой завесы должен выполняться из условия его неагрессивности как к соляной породе, так и к загипсованной вмещающей пласт соли породе [1].

Исследования были выполнены по заданию Дирекции строящегося Рогунской ГЭС со стороны НИИГидропроект в 1991 году.

Изучалась растворимость соляной породы и породы контактирующей с пластом соли, в которой устраивается солевая завеса, в различных растворах. Химический состав исходных растворов приведен в таблице 1.

Методика исследований выбралась с учетом исходной посылки о нахождении такого «буферного» (равновесного) рассола для солевой завесы, который бы при контакте с загипсованными алевролитами, аргиллитами и соляной породой не выщелачивал из них хлорид натрия, ангидрит или гипс. Исходя из основной задачи получения рассола неагрессивного к соляной породе и гипсоносным юрским породам, была принята следующая методика и последовательность работы [1].

### Методы исследования

При обосновании проекта солезашитных мероприятий обращалось внимание на то, что контакт между цементируемой вмещающей породой и соляным телом может ослабляться и нарушаться в результате

взаимодействия инъектируемого в целях цементации материала с рассолами и породой, а также за счет диффузионного выщелачивания или фильтрационно-осмотических процессов.

Подборка литературных данных и методика исследования были проведены согласно нижеприведённым спискам литературы [2-5].

Таблица 1.

Исходные растворы	Химический состав исходных растворов							
	Условный солевой состав, масс. доля, %							
	CaSO <sub>4</sub>	NaCl	MgCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	KCl	HO
Буферный рассол №1	0,48	20,89	-	-	-	0,06	0,02	78,55
Магний-кальций Хлоридный рассол	0,10	20,06	0,43	2,42	0,04	-	0,17	76,78

Для проведения исследований были отобраны образцы (керны) из скважины 2мкр – 1 левобережной солевой штольни на ПК 5+14,63, пробуренной для геофизических исследований. Всего было отобрано 3 образца [6]:

1. Образец заинъектированной породы проба 4(1) интервал 39,2 – 40,4 м, соль J<sub>3</sub>gr весом 240 г.

Образец соляной породы – проба 4(3), интервал 39,2 – 40,4 м, соль J<sub>3</sub>gr весом 230 г.

Образец вмещающей породы – проба 1, интервал 36 – 37 м.

Для исследований были приготовлены два типа растворов:

1. Раствор, содержащий 150 г/л NaCl и 6 г/л CaSO<sub>4</sub>.

2. Натрий – кальций – хлоридный раствор концентрации 150 г/л NaCl и 20 г/л CaCl<sub>2</sub>.

Изучение растворимости этих образцов проводились изотермическим методом в низкотемпературном режиме. Температура в термостате поддерживалась с точностью ± 0,2<sup>0</sup>C.

Образцы породы были помещены в три сосуда из нержавеющей стали, в каждый из которых добавлено по 500 г соответствующего раствора.

Сосуды были герметично закрыты и термостатировались без перемешивания при 12<sup>0</sup>C. Через фиксированные промежутки времени отбирались пробы для анализа химического состава жидкой фазы [6].

**Результаты исследования:** Проба породы 4(1) помещалась в раствор состава: NaCl – 149,77 г/л, CaSO<sub>4</sub> – 7,17 г/л и выдерживался без перемешивания в термостате при 12<sup>0</sup>C в течение 60 суток. За это время увеличилась концентрация NaCl (табл. 1). В то же время содержание ионов кальция, магния и сульфата остались практически постоянными. По-видимому, в обменных реакциях раствора с заинъектированной породой участвуют хлориды щелочных металлов. Кроме того, произошло увеличение щелочности раствора pH от 6 до 8,64 [6].

Проба породы 4(3) помещалась в раствор состава: NaCl – 150,7 г/л, CaSO<sub>4</sub> – 7,37 г/л и выдерживался без перемешивания 60 суток. Результаты исследования приведены в таблице 2.

Анализ результатов исследований показал, что уже за первые сутки опыта произошло насыщение по хлориду натрия. Однако при этом существовало устойчивое перенасыщение по гипсу.

Проба аргллита помещалась в натрий – кальций – хлоридный раствор и выдерживалась 60 суток. Результаты приведены в табл. 3. Состав исходного раствора: NaCl – 150,4 г/л, CaCl<sub>2</sub> – 19,98 г/л. При взаимодействии образца породы с раствором произошло выделение гипса в раствор практически за одни сутки. По-видимому, гипс в породе был вторичным (переотложенным). При этом изменение pH раствора не наблюдалось. Следовательно, увеличение щелочности рассола в случае с пробой породы 4(3) при изменении за 60 суток pH от 6 до 8,64 является результатом взаимодействия рассола с цементной составляющей породы [6].

Анализ результатов наблюдений на участке ВС3 показал, что химический состав рассолов, особенно изменение pH, является свидетельством взаимодействия закачиваемых рассолов с зацементированной породой.

Таблица 2.

Растворимость образца заинъектированной породы проба 4(1), интервал 39,2 – 40,4 соль J<sub>3</sub>gr в натрий-кальций-хлоридно-сульфатном растворе при 12<sup>0</sup>C.

Время опыта	Жидкий состав							
	Ионный состав, масс. %							
	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO	HCO	H <sub>2</sub> O

	5,34	След	След	0,19	8,23	0,45	0,01	85,77
1 час	5,41	-	-	0,19	8,31	0,47	0,03	85,59
2 часа	5,83	-	-	0,19	8,21	0,42	0,06	85,79
3 часа	5,55	-	-	0,20	8,54	0,45	0,07	85,19
6 часов	5,46	-	-	0,19	8,41	0,43	0,03	85,48
1 сут.	5,69	-	-	0,22	8,78	0,49	0,05	84,77
2 сут.	5,76	-	-	0,20	8,87	0,46	0,06	84,65
3 сут.	5,81	-	-	0,21	8,94	0,50	0,05	84,49
7 сут.	6,70	-	-	0,20	10,31	0,48	0,04	82,27
14 сут.	6,46	0,01	-	0,20	9,96	0,45	0,07	82,85
60 сут.	6,68	след	след	0,18	10,29	0,44	0,04	82,37

Таблица 2(правая часть).

Растворимость образца заинъектированной породы проба 4(1), интервал 39,2 – 40,4 соль J<sub>3</sub>г в натрий-кальций-хлоридно-сульфатном растворе при 12<sup>0</sup>С.

Время опыта	Жидкий состав					d, г/см	pH
	Солевой состав, масс. %						
	NaCl	CaSO <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O		
	13,57	0,65	-	0,02	85,76	1,10	6,0
1 час	13,70	0,67	-	0,03	85,60		
2 часа	13,53	0,60	-	0,07	85,80		
3 часа	14,05	0,64	0,03	0,08	85,20	1,10	6,45
6 часов	13,83	0,61	0,03	0,04	85,49		
1 сут.	14,42	0,69	0,05	0,06	84,78		
2 сут.	14,59	0,65	0,03	0,07	84,66	1,12	6,84
3 сут.	14,73	0,71	-	0,06	84,50	1,13	6,70
7 сут.	17,00	0,68	-	0,05	82,27	1,11	6,80-6,86
14 сут.	16,37	0,64	0,03	0,08	82,86	1,11	7,42
60 сут.	16,96	0,62	-	0,05	82,36	1,12	7,66
						1,13	8,64

Таблица 2.

Растворимость соляной породы проба 4(3), интервал 39,2 – 40,4 соль J<sub>3</sub>г в натрий-кальций-хлоридно-сульфатном растворе при 12<sup>0</sup>С.

Время опыта	Жидкий состав							
	Ионный состав, масс. %							
	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO	HCO	H <sub>2</sub> O
	5,40	след.	след.	0,19	8,31	0,47	0,02	85,61
1 час	5,30	-	-	0,19	8,30	0,45	0,03	85,64
2 часа	6,34	-	-	0,19	9,70	0,51	0,05	83,21
3 часа	10,03	-	-	0,17	15,41	0,43	0,06	73,90
1 сут.	10,19	-	-	0,17	15,71	0,37	0,05	73,51
2 сут.	10,25	-	-	0,16	15,79	0,36	0,06	73,38
3 сут.	10,07	-	-	0,16	15,53	0,36	0,05	73,83
7 сут.	10,32	-	-	0,14	15,86	0,37	0,06	73,25
14 сут.	10,03	-	-	0,14	15,47	0,32	0,05	73,99
60 сут.	10,31	-	-	0,14	15,91	0,31	0,05	73,28

Таблица 2(правая часть).

Растворимость соляной породы проба 4(3), интервал 39,2 – 40,4 соль J<sub>3</sub>г в натрий-кальций-хлоридно-сульфатном растворе при 12<sup>0</sup>С.

Время опыта	Жидкий состав					d, г/см	pH
	Солевой состав, масс. %						
	NaCl	CaSO <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O		
	13,70	0,67	-	0,02	85,61	1,10	6,05
1 час	13,68	0,64	-	0,03	85,65		
2 часа	15,99	0,72	-	0,06	83,23		

3 часа	25,40	0,61	-	0,07	73,92		
1 сут.	25,85	0,52	0,04	0,06	73,53	1,14	6,76
2 сут.	26,00	0,51	0,03	0,07	73,39	1,18	6,50
3 сут.	25,57	0,51	0,03	0,06	73,83	1,20	6,21
7 сут.	26,15	0,52	-	0,07	73,26	1,19	6,44
14 сут.	25,48	0,45	0,02	0,06	73,99	1,20	6,15
60 сут.	26,20	0,44	0,03	0,06	73,27	1,20	6,25

Таблица 3.

Растворимость вмещающей породы в натрий-кальций-хлоридном растворе при 12<sup>0</sup>С.

Время опыта	Жидкий состав							
	Ионный состав, масс. %							
	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO	HCO	H <sub>2</sub> O
	5,34	-	-	0,65	9,37	-	0,02	84,62
1 час	5,34	-	-	0,66	9,35	0,04	0,03	84,58
2 часа	5,45	-	-	0,66	9,52	0,05	0,04	84,28
3 часа	5,43	-	-	0,66	9,48	0,04	0,06	84,33
6 часов	5,44	-	-	0,67	9,52	0,04	0,05	84,28
1 сут.	5,43	0,01	-	0,70	9,53	0,11	0,03	84,19
2 сут.	5,36	0,01	-	0,70	9,42	0,11	0,05	84,35
3 сут.	5,46	0,01	-	0,69	9,51	0,13	0,06	84,14
7 сут.	5,52	0,01	-	0,71	9,64	0,16	0,03	83,93
14 сут.	5,49	0,01	-	0,72	9,64	0,13	0,04	83,97
60 сут.	5,44	0,03	-	0,70	9,57	0,12	0,04	84,10

Таблица 3(правая часть).

Растворимость вмещающей породы в натрий-кальций-хлоридном растворе при 120С.

Время опыта	Жидкая фаза						d, г/см	pH
	Солевой состав, масс. %							
	NaCl	CaSO <sub>4</sub>	KCl	CaCl <sub>2</sub>	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O		
-	13,55	-	-	1,80	0,02	84,63	1,11	7,05
1 час	13,55	0,06	-	1,77	0,04	84,58		
2 часа	13,83	0,07	-	1,77	0,05	84,28		
3 часа	13,75	0,06	-	1,78	0,07	84,34		
6 часов	13,79	0,06	-	1,81	0,06	84,28	1,11	7,11
1 сут.	13,78	0,16	0,02	1,81	0,04	84,19	1,12	7,25
2 сут.	13,60	0,16	0,02	1,81	0,06	84,35	1,12	7,06
3 сут.	13,81	0,18	0,02	1,77	0,07	84,15	1,12	6,98
7 сут.	14,00	0,23	0,02	1,78	0,04	83,93	1,12	7,02
14 сут.	13,93	0,18	0,02	1,84	0,05	83,98	1,12	6,60
60 сут.	13,85	0,17	0,05	1,80	0,05	84,08	1,12	7,19

### Выводы

На основании выполненных исследований и с учетом данных наблюдений в зоне ВСЗ можно сделать следующие выводы.

Нейтральным (неагрессивным) к соляной породе, гипсоносным и зацементированным вмещающим породы является рассол, насыщенный по NaCl до 23 масс. % и по CaCl<sub>2</sub> до 3,5 масс. % при 5 °С. Рассол, насыщенный по NaCl до 25,8 масс. % и по CaSO<sub>4</sub> до 0,45 масс. % при 5 °С является нейтральным только к соляной и гипсоносной породе.

Во избежание осадкообразования при приготовлении, транспортировке и закачке рассолов их минерализация должна соответствовать минерализации при средней температуре пород в зоне закачки рассолов (5 – 10 °С).

Изменения pH рассолов и появление в них других солей (CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, NaSO<sub>4</sub>) могут быть обусловлены:

- взаимодействием рассолов с зацементированными породами;
- подтоком по трещинам глубинных рассолов.

**Литература:**

1. Давлатшоев С.К., Рахимов Б.Н. Исследование растворимости соляной породы и породы, вмещающей пласт соли в различных рассолах. В сборнике: Общенаучные проблемы инженерной подготовки кадров МЧС России. Сборник трудов секции № 16 XXXI Международной научно-практической конференции. Химки, 2021. С. 44-50.
2. Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно-солевых систем. Л., Химия, 1975, т. 2, кн. 1, С. 480 – 534.
3. Валяшко М.Г., Галаховская Т.В., Кострюков К.В. Методы анализа рассолов и солей. М.-Л., Химия, 1964, С. 64 – 149.
4. Татарский В.Б., Кристаллооптика и имерсионный метод анализа веществ. Л., ЛГУ, 1948, 268 с.
5. Зверев В.П. Гидрогеохимические исследования системы гипсы – подземные воды. М., Наука, 1967, 99 с.
6. Рахимов Б.Н., Раджабова А.С., Давлатшоев С.К., Кобули З.В. Взаимодействие буферного рассола с образцом породы, взятой из зоны цементации оголовки пласта соли. Вестник Технологического университета Таджикистана. №2 (45), 2021. –С. 91-96.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS BACKGROUND)**

TJ	RU	EN
Рахимов Бахтиёр Нуралиевич унвонҷу	Рахимов Бахтиёр Нуралиевич соискатель	Rakhimov Bakhtiyor Nuralievich applicant
Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S.Osimi
bakha 85 85@mail.ru		

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ

Бадавлатова Б.Х.

Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими

В статье рассматривается совершенствование процесса предварительного осветления питьевой воды с применением современных флокулянтов. Существующие системы водоснабжения столицы являются сложным комплексным сооружением. Вопросы повышения эффективности работы водопроводных сооружений является немаловажным фактором при подготовке питьевой воды. Специфика системы водоснабжения города Душанбе состоит в том, что она на 68% базируется на поверхностные источники, что во многом зависит от степени антропогенной нагрузки и их экологической безопасности. Процесс очистки с использованием сульфата алюминия в малых дозах протекает недостаточно интенсивно, что плохо сказывается на эффект очистки воды. Для решения этой проблемы совершенствование централизованных технологий водоочистки целесообразно осуществлять путем модернизации технологического процесса на станциях. В настоящее время внедрение многих технологических приемов требует либо частичной, либо полной реконструкции существующих станций водоочистки, что связано с огромными капитальными затратами. Наиболее простым и надежным способом модернизации технологического процесса водоочистки является повышение эффективной и надежной работы очистных сооружений при использовании современных реагентов. При этом мутность воды после предварительного осаждения и осветления колеблется от 3 до 10 мг/л, которое в последующем подается в фильтрационные установки. Таким образом, достигается достаточно высокая эффективность и надёжность работы скорых песчаных фильтров. Дана информация о выяснении влияния совместного применения коагулянта сульфата алюминия и флокулянта нитрофлора 215 на предварительную обработку воды.

**Ключевые слова:** Коагуляция, флокуляция, реагент, водоподготовка, осветление, водные ресурсы, бактериальное загрязнение, водоочистная станция, модернизация.

### МУКАММАЛГАРДОНИИ РАВАНДИ ШАФФОФКУНИИ ПЕШАКИИ ОБИ НҶШОКӢ БО ИСТИФОДАИ ФЛОКУЛЯНТҲОИ МУОСИР

Дар мақола тақмили раванди шаффофкунии пешакии оби ошомиданӣ бо истифодаи флокулянтҳои муосир баррасӣ шудааст. Системаҳои мавҷудаи обтаъминкунии пойтахт як соҳтори мураккаби комплексӣ мебошанд. Масъалаҳои банд бардоштани самаранокии иншооти обтаъминкунии омили муҳими омодаسازی оби нӯшокӣ мебошанд. Хусусияти системаи обтаъминкунии шаҳри Душанбе аз он иборат аст, ки 68% - и онро манбаҳои рӯизаминӣ ташкил медиҳанд, ки ин бештар аз дараҷаи вазни антропогенӣ ва бехатарии экологии онҳо вобаста аст. Раванди тозакунии оби истифода аз сульфати алюминий дар вояҳои хурд нокифоя мегузарад, ки ба самаранокии тоза кардани об таъсири бад меоварад. Барои ҳалли ин мушкилот, мукамалгардони технологияҳои мутамаққазии обтозакунии бо роҳи азнавسازی ҷараёни технологӣ дар истохҳо амалӣ карда мешавад. Дар айни замон ворид намудани усулҳои технологӣ азнавسازی қисман ё пурраи пойгоҳҳои мавҷудаи обтозакунии талаб мекунад, ки он бо хароҷоти қалони капитали алоқаманд аст. Усули аз ҷама оддӣ ва боэътимоди азнавسازی раванди технологияи обтозакунии – ин банд бардоштани самаранокии ва эътимоднокии қори иншооти обтозакунии бо истифода аз реагентҳои муосир мебошад. Дар ин маврид тирагии об пас аз таҳшини пешакӣ ва равшанӣ кардан аз 3 то 10 мг/л-ро ташкил медиҳад, ки баъдан ба дастгоҳҳои полорӣ дода мешавад. Ҳамин тариқ, самаранокии қофии банд ва эътимоднокии обполакҳои зудамали кумӣ ба даст оварда мешавад. Оиди маълум кардани таъсири истифодаи яқҷояи коагулянти сульфати алюминий ва флокулянти нитрофлор 215 ба қоркарди пешакии об маълумот оварда шудааст.

**Вожаҳои калидӣ:** коагулятсия, флокулятсия, реагент, қоркарди об, шаффофкунӣ, захираҳои оби, ифлосшавии бактериалӣ, пойгоҳи обтозакунии, азнавсозӣ.

### IMPROVEMENT OF THE PROCESS OF PRELIMINARY CLARIFICATION OF DRINKING WATER WITH THE USE OF MODERN FLOCCULANTS

The article discusses the improvement of the process of preliminary clarification of drinking water with the use of modern flocculants. The existing water supply systems of the capital are a complex structure. The issues of improving the efficiency of water supply facilities is an important factor in the preparation of drinking water. The specifics of the water supply system of the city of Dushanbe is that it is 68% based on surface sources, which largely depends on the degree of anthropogenic load and their environmental safety. The purification process using aluminum sulfate in small doses is not intensive enough, which has a bad effect on the effect water purification. To solve this problem, it is advisable to improve centralized water treatment technologies toy modernizing the technological process at the stations. Currently, the introduction of many technological techniques requires either partial or complete reconstruction of existing water treatment plants, which is associated with huge capital costs. The simplest and most reliable way to modernize the technological process of water treatment is to increase the efficient and reliable operation of treatment facilities using modern reagents. At the same time, the turbidity of water after preliminary precipitation and clarification ranges from 3 to 10 mg /l, which is subsequently fed into filtration plants. Thus, a sufficiently high efficiency and reliability of fast sand filters is achieved. Information is given on the clarification of the effect of the combined use of aluminum sulfate coagulant and nitroflocc 215 flocculant on the pretreatment of water.

**Key words:** coagulation, flocculation, reagent, water treatment, clarification, water resources, bacterial contamination, water treatment plant, modernization.

**ВВЕДЕНИЕ.** Централизованная система водоснабжения города Душанбе обслуживается поверхностными источниками воды, которые в общем объеме водозабора составляют 68%, и подземными - 32%. Река Варзоб, которая является поверхностным источником водоснабжения г. Душанбе, находится под влиянием

антропогенных воздействий. Качество воды р. Варзоб зависит от качества воды её притоков. Основными загрязнителями водных ресурсов района являются сели, осадки, смыв почвы, сброс отходов в водные источники, выпас и водопой скота, застройка зоны санитарной охраны водоемов.

В летнее время в р. Варзоб при снижении уровня воды резко уменьшается содержание кислорода и растет бактериальное загрязнение. В настоящее время в районе учёт общего сброса сточных вод в поверхностные водоёмы не ведется, но трудно поддается контролю. Качество воды в водных объектах по многим показателям не отвечает требованиям действующих норм.

Практика эксплуатации водоочистных станций г. Душанбе свидетельствует о том, что, поступая на очистные станции такие воды значительно увеличивают нагрузку на основные сооружения очистки, усложняя процесс водоподготовки и в большинстве случаев приводя к перерасходу используемых реагентов, увеличивая себестоимость подготовки питьевой воды.

Для решения этой проблемы совершенствование централизованных технологий водоочистки целесообразно осуществлять путем модернизации технологического процесса на станциях. В настоящее время внедрение многих технологических приемов требует либо частичной, либо полной реконструкции существующих станций водоочистки, что связано с огромными капитальными затратами [1,2,8,10,11]. Наиболее простым и надежным способом модернизации технологического процесса водоочистки является повышение эффективной и надежной работы очистных сооружений при использовании современных реагентов.

Учитывая, что на станциях водоподготовки города Душанбе реагентная очистка решается по устаревшим технологиям с использованием малоэффективных коагулянтов и флокулянтов, вопрос применения современных реагентов, обеспечивающих эффективную и надежную работу очистных сооружений, становится не только актуальным, но и приемлемым и экономически целесообразным.

Для обеспечения эффективного технологического процесса подготовки питьевой воды без изменения схемы и состава очистной станции на базе лаборатории контроля качества воды ГУП «Душанбеводоканал» проведено исследование по применению коагулянта сульфата алюминия и флокулянта нитрофлока 215, который является наиболее приемлемым для очистки питьевой воды.

Лаборатория ГУП «Душанбеводоканал» осуществляет физический, химический и микробиологический анализ на систематической и регулярной основе не только для неочищенной воды, но также и для очищенной. Согласно данным лаборатории, мутность сырой воды за 2018 год изменилась в очень большом диапазоне (рисунок 1).

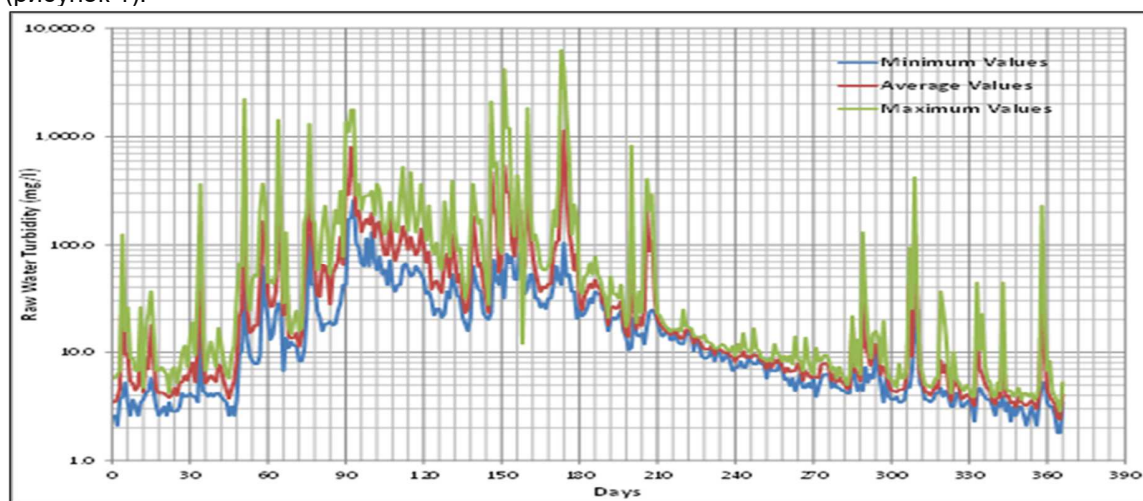


Рисунок 1 - Изменение мутности в сырой воде в течение 2018 года

Как видно по рисунку, изменения мутности сырой воды зарегистрированы в очень большом диапазоне:

- минимальная мутность сырой воды в течение 2018 года - 1.8 мг/л;
- средняя мутность сырой воды в течение 2018 года - 53.4 мг/л;
- максимальная мутность сырой воды в течение 2018 года - 2250 мг/л.

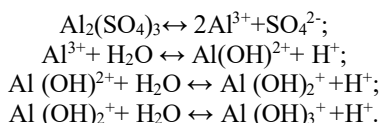
В качестве исходной воды для обработки на водоочистной станции служит поверхностный сток реки Варзоб, имеющий следующий физико- химический состав (табл. 1).

**МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ.** В качестве коагулянта на очистных станциях водоподготовки г. Душанбе для ускорения выпадения взвешенных веществ используют сернокислый алюминий  $Al_2(SO_4)_3$ . Сернокислый алюминий, представляет собой водный раствор с концентрацией 17,7% по активному веществу, используется для очистки воды в хозяйственно-питьевом и промышленном водоснабжении, а также для очистки сточных вод в промышленности. В результате растворения сульфата алюминия в воду поступают ионы  $Al^{3+}$ , которые должны гидролизироваться до  $Al(OH)_3$ .

Таблица 1.

Наименование показателей	Концентрация
Водородный показатель, pH	7,9 - 8,15
Сухой остаток, мг/л	228 - 335
Жесткость общая, мг- экв/л	1,2 - 2,2
Мутность, мг/л	23 - 6220
Цветность, град.	До 40
Щелочность, мг- экв/л	2,1 - 3,1
Железо мг/л	0,2 - 0,5
Кальций, мг- экв/л	1,1 - 2,1
Магний, мг- экв/л	0,3 - 0,35
Коли- индекс	23 - 238
Нитрит, мг/л	0 - 0,034
Нитраты, мг/л	1,1 - 1,8

Действие сернокислого алюминия основывается на его гидролизе, заканчивающемся образованием геля гидроокси алюминия  $Al_2(OH)_3$  и свободной углекислоты. После введения в воду сернокислого алюминия ход реакций имеет вид:



Образующаяся гидроокись алюминия  $Al(OH)_3$  представляет собой коллоидное вещество, частицы которого имеют положительные заряды. Между тем коллоиды, содержащиеся в природной воде (гуминовые вещества, кремнекислота и др.), заряжены отрицательно. Это ведет к нейтрализации зарядов частиц обоих коллоидов, вызывающей их взаимную коагуляцию с образованием хлопьев [2]. Поэтому при применении в качестве коагулянта сульфата алюминия необходим постоянный строгий контроль показателя pH в обрабатываемой воде [6,7,8].

В лабораторных условиях был проведен цикл опытов по выяснению применения коагулянта сульфата алюминия на предварительную обработку воды. Испытания проводились при 4-х разных значениях мутности в пробах, которые составляли: 180, 470, 1035 и 1700 мг/л.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.** Результаты применения сульфата алюминия методом пробной коагуляции при исходных значениях мутности 180, 470, 1035 и 1700 мг/л приведем в таблицу 2.

Процесс осветления воды можно интенсифицировать с помощью высокомолекулярных флокулянтов [4,5,6,11]. При добавке флокулянтов происходит ускорение слипания агрегативно неустойчивых твердых частиц. Интенсифицирующее действие флокулянтов вызвано адсорбцией его молекул на частицах взвеси и хлопьях коагулянта. Это ведет к их быстрейшему укрупнению и ускоряет осаждение.

Таблица 2

Результаты осветления воды в зависимости от времени и дозы коагулянта сульфата алюминия

Исходная мутность, мг/л	Раствор коагулянта, мг/л	Время исследования проб, мин				
		0	15	30	40	60
180	30	187	77,5	52	44	42
	40	187	67,5	49	43	39
	50	187	49	47	39	33
	60	187	44	36,5	31	26,9
	70	187	27	23,65	22,25	19,7



Исходная мутность, мг/л	Раствор коагулянта, мг/л	Время исследования проб, мин				
		0	15	30	40	60
470	30	470	202,36	135,8	114,9	109,7
	40	470	176,25	127,9	112,3	101,83
	50	470	127,9	122,72	101,83	86,2
	60	470	114,8	95,3	80,94	70,24
	70	470	70,5	61,75	58,1	51,44
1035	30	1035	445,62	299	253	241,5
	40	1035	388,1	281,75	247,25	224,25
	50	1035	281,75	270,25	224,25	189,75
	60	1035	253	209,9	178,25	154,7
	70	1035	155,25	136	128	113,3
1700	30	1700	731,94	491,1	415,6	396,7
	40	1700	637,5	462,8	406,1	368,3
	50	1700	462,8	443,9	368,3	311,7
	60	1700	415,5	344,7	293	254
	70	1700	255	223,4	210,1	186,05

Высокая эффективность использования для интенсификации очистки воды на одном и том же водоисточнике высокомолекулярных флокулянтов можно объяснить изменением качества воды по сезонам года [4,5,6]. Анализ имеющихся публикаций по очистке воды, показывает, что в большинстве случаев исследуется ограниченное количество марок коагулянтов и флокулянтов, что не всегда может привести к оптимальному техническому решению.

В лабораторных условиях был проведен цикл опытов по выяснению влияния совместного применения коагулянта сульфата алюминия и флокулянта нитрофлока 215 на предварительную обработку воды. Испытания проводились при 4-х разных значениях мутности в пробах, которые составляли: 238, 420, 1030 и 1500 мг/л.

Доза коагулянта - сернокислого алюминия в пересчете на гидроокись алюминия составляла от 10 мг/л до 50 мг/л, а дозы нитрофлока 215 - 0,1 до 0,5 мг/л.

После контроля температурного режима исходную испытуемую воду переливали в мерные цилиндры объемом 1000 мл для осветления и вводили 1-5мл концентрированного от 1 до 5% -го раствора коагулянта в каждый цилиндр с исходной водой и интенсивно перемешивали. Через заданный интервал времени скорость вращения снижали до минимальной, и вводили от 0,1-0,5% -го раствора флокулянта и медленно перемешивали.

а)



б)



а) до процесса осветления;

б) после 60 минут процесса осветления

Рисунок 2 - Мерные цилиндры с испытуемой водой, разбавленной раствором коагулянта и флокулянта нитрофлока 215 разной концентрации

Осаждение продолжалось 60 минут, в ходе осаждения через каждые 15, 30, 40 и 60 минут отбирались пробы верхнего слоя 7-10 см воды, не взмучивая осадок, оценивали процесс хлопьеобразования и скорость осветления воды.

Результаты наблюдений и данные экспериментов применения смеси коагулянта сульфата алюминия и флокулянта нитрофлока 215 методом пробной коагуляции при разных исходных значениях мутности приведены в таблицу 3.

Таблица 3

Результаты осветления воды в зависимости от времени исследования и дозы смеси коагулянта сульфата алюминия и флокулянта нитрофлока 215

Исходная мутность, мг/л	Раствор коагулянта, мг/л	Раствор флокулянта нитрофлока 215, мг/л	Время исследования проб, мин				
			0	15	30	40	60
238	1	0,1	238	78	57	52	49,0
	2	0,2	238	72	57	52	41
	3	0,3	238	62	44	39	27,9
	4	0,4	238	57	39	31	25,9
420	20	0,2	420	22,7	20,2	19,1	17,1
	30	0,3	420	17,6	14,0	11,9	11,4
	50	0,5	420	14,0	10,9	9,3	8,8
1030	20	0,2	1030	27,9	24,8	24,3	20,7
	30	0,3	1030	31	30,5	28,9	27,9
	50	0,5	1030	23,8	21,7	20,2	17,6
1500	20	0,2	1500	114	40,3	36,1	35,1
	30	0,3	1500	103	39,2	36,1	34,1
	50	0,5	1500	57	29,9	28,9	24,8

На рисунке 3 приводим диаграмму результатов исследования при значении мутности 238 мг/л в зависимости от продолжительности и дозы смеси коагулянта и флокулянта нитрофлока 215.

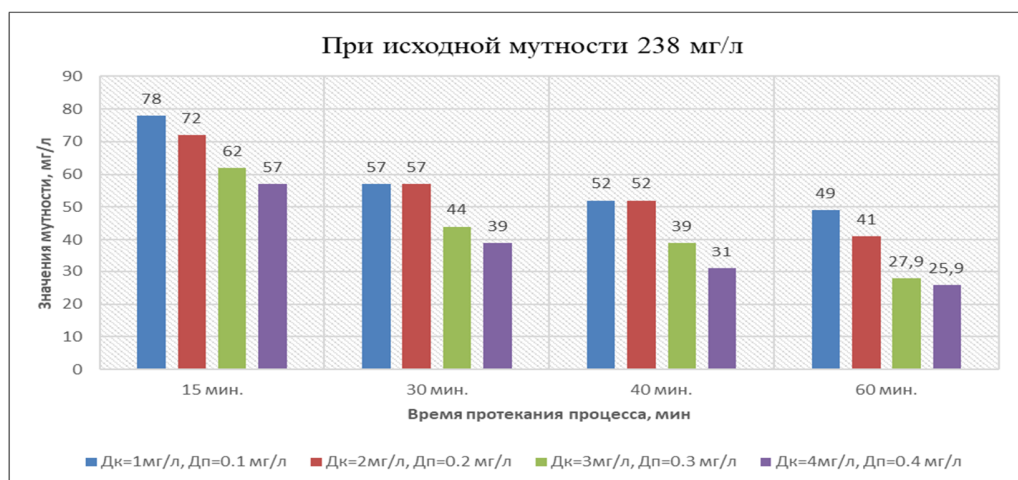


Рисунок 3 - Зависимость степени осветления воды от продолжительности и различных доз коагулянта и полимера при исходной мутности 238 мг/дм<sup>3</sup>

По результатам исследования делаем вывод, что при содержании в воде высоких показателей мутности применение коагулянта в сочетании с флокулянтом нитрофлока 215 наиболее эффективно по сравнению с традиционным методом, о чем говорит высокая степень очистки.

По полученным значениям построим кривую, характеризующую эффект осветления воды в лабораторных условиях. По результатам таблицы 2 и 3 экспериментальных исследований о вычислим эффект осветления воды по формуле:

$$\mathcal{E}_{осв.} = \frac{C_o - C_{вых.}}{C_o} * 100\% \quad (1)$$

где  $C_o$  – исходная мутность, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{вых.}$  – мутность на выходе, мг/дм<sup>3</sup>.

По полученным значениям построим кривую, характеризующую эффект осветления воды в лабораторных условиях (рисунки 4 и 5), и сравниваем результаты:



Рисунок 4 - Сравнение эффекта осветления воды при применении традиционного коагулянта и в сочетании с современным флокулянтом

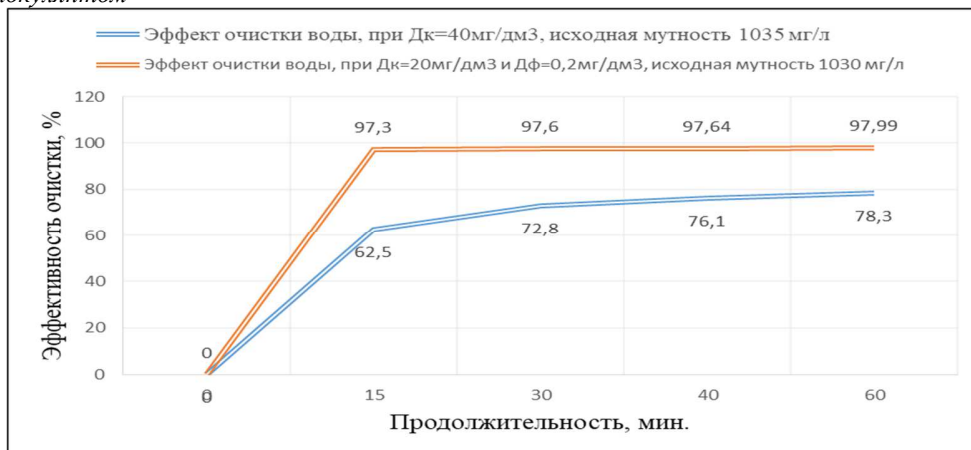


Рисунок 5 – Сравнение эффекта осветления воды при применении традиционного коагулянта и в сочетании с современным флокулянтом

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Из представленных данных следует, что процесс очистки с использованием сульфата алюминия в малых дозах протекает недостаточно интенсивно, что плохо сказывается на эффект очистки воды.

Как видно из экспериментальных данных, реагентная обработка воды сочетанием коагулянта сульфата алюминия и флокулянта нитрофлока 215 уже при  $D_k=20$  мг/л дает крупные, быстро осаждаемые хлопья.

В паводковый период качество поверхностных вод сильно изменяется, в них резко возрастает количество загрязнений, возникают наибольшие трудности с проведением коагуляционной очистки воды и требуется оперативное и радикальное изменение режима очистки воды. Особенно это необходимо при использовании коагулянтов, которые имеют узкий диапазон значений некоторых параметров процесса и малую эффективность очистки.

Обработка высокомутной воды традиционным коагулянтом приводит к повышению эффективности очистки только при больших дозах коагулянта, поскольку  $D_k$  от 10 до 30 мг/л не дают необходимой степени очистки, а  $D_k$  более 80 мг/л добавлять нерентабельно.

Как видно по рисункам 4 и 5, эффект осаждения взвешенных веществ при применении традиционного коагулянта в сочетании с современным флокулянтом убедительный. Концентрация взвешенных веществ по

окончании процесса отстаивания близка к контрольной, что оптимально при работе реальных водоочистных сооружений.

Анализ данных позволяет сделать вывод о том, что совместное применение коагулянта на основе сульфата алюминия и флокулянта нитрофлока 215 является перспективным направлением в совершенствовании интенсификации процессов очистки поверхностных вод по сезонам.

Таким образом, проведенные исследования показали, что от влияния флокулянта нитрофлока 215 при совместном использовании с сернокислым алюминием достигается дополнительное уменьшение мутности и цветности воды, процесс очистки воды проходит значительно интенсивнее, мутность снижается в дозах 0,025 - 0,4, при дозе смеси коагулянта и полимера 0,5 мг/дм<sup>3</sup>. Это может служить подтверждением синергетического эффекта в отличие от процесса коагуляции, проходящего традиционным способом с применением только одного коагулянта.

Флокуляционная очистка воды характеризуется низкими капитальными и эксплуатационными затратами по сравнению с другими методами водоочистки [1]. Вопросу флокуляции с использованием полиакриламидного флокулянта «POLY SEPAR AN 34 TW» посвящена нами монография [3,4]. С учетом этой информации и наиболее значимых данных последних лет приводятся основные закономерности очистки природных вод полиакриламидом (ПАА), а также рассмотрены наиболее эффективные способы интенсификации водоочистки.

### Литература

1. Некоторые аспекты очистки маломутных высокоцветных вод / А.М. Никитин, П.В. Курбатов // Водоснабжение и санитарная техника. -1999. - №3. – 35-41с.
2. Сколупович, Ю.Л. Повышение эффективности водопроводных станций / Ю.Л. Сколупович, Е.Л. Войтов, А.М. Никитин // Водоснабжение и санитарная техника. -2011. -№2. – 123-129с.
3. Амирзода, О.Х. Повышение эффективности работы сооружений водоподготовки на Очистой станции самотечного водопровода (ОССВ) города Душанбе / О.Х. Амирзода, Б.Х. Бадавлатова, П.Х. Муродов, З.В.Кобулиев. // Политехнический Вестник. Серия инженерных исследований. - 2020. - №3(51). – С. 122-129.
4. Бадавлатова Б.Х. Интенсификация процесса очистки природных вод с применением флокулянта / О.Х. Амирзода, Б.Х. Бадавлатова, З.В. Кобули. // Инженерный вестник Дона - 2021. - №3(2021). – ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2021/6857.
5. Вейцер, Ю. И. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки воды / Ю. И. Вейцер, Д. М. Минц // - М.: Стройиздат, 1975. – 123-129с.
6. Михайлов В.А., Бутко А.В., Лысов В.А., Моктар А.А. Применение катионного флокулянта ВПК-402 на водопроводе г. Ростов-на-Дону // Водоснабжение и санитарная техника. 1997. - №7. – 21-22с.
7. Кастальский А.А., Минц Д.М. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения. М.: Изд. Высшая школа, 1962 – 558с.
8. Кульский Л.А. Технология очистки природных вод. / Киев: Вища школа, 1986. – 250с.
9. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П. Методики проведения технологических изысканий и моделирования процессов очистки воды на водопроводных станциях. – М.: НИИ КВОВ, Водкоммунтех. 2001.
10. Белан А.Е. Технология водоснабжения / А.Е. Белан // К.: Наук. думка, 1985. - 264 с.
11. Кастальский А.А. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения / А.А. Кастальский, Д.М. // Минц М.: Изд. Высшая школа, 1962. – 558с.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Бадавлатова Бунафша Худоёровна	Бадавлатова Бунафша Худоёровна	Badavlatova Bunafsha Khudoyorovna
унвонҷӯ	соискатель	applicant
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S.Osimi
bbadavlatova@mail.ru, тел: +992 88 440 80 02		

УДК 546.11

## ПОЛУЧЕНИЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ СПОСОБОМ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕЙ ФОН ЯГНОБ

Гайбуллаева З.Х., Асроров Б.И., Бахриддинзода Ш.Б., Шарифов А.

Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими

Дангаринский национальный университет, Таджикистан

**Аннотация.** В статье рассмотрен процесс получения восстановительных веществ способом переработки углей. Для исследования выбран уголь месторождения Фон Ягнаб республики Таджикистан. Мощность разведанных месторождений угля в Таджикистане оценена в 4,3 млрд. т, что составляет 0,03% мировых запасов данного энергоносителя. Однако, использование угля в качестве энергоносителя имеет отрицательные экологические последствия для загрязнения окружающей среды, поскольку при сжигании 1 моля углерода (12 г) образуется 1 моль  $\text{CO}_2$  (44 г), но масса продуктов сжигания угля в 3,67 раз больше массы сжигаемого топлива. В связи с этим, встала необходимость переработать уголь, извлечь из его состава химические компоненты и использовать их по назначению в металлургической и химической промышленности и тем самым защитить окружающую среду от вредных выбросов. Для достижения поставленной задачи использован способ газификации угля. Для газификации углеродистого материала в газогенератор подаётся водяной пар с соблюдением стехиометрического соотношения  $\text{C}:\text{H}_2\text{O}=1:1$  с тем, чтобы в газогенераторе протекала только реакция неполного окисления углерода с образованием эквимолярной смеси  $\text{H}_2$  и  $\text{CO}$ . Газы  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$  являются сильными восстановителями, однако при температурах ниже  $830^\circ\text{C}$  восстановительная способность  $\text{CO}$  выше чем у  $\text{H}_2$ , а при температурах выше  $830^\circ\text{C}$  наоборот восстановительная способность водорода преобладает над свойством  $\text{CO}$ . Поэтому, в зависимости от предполагаемой температуры осуществления процесса восстановления металлов можно использовать смесь  $\text{H}_2+\text{CO}$  или провести конверсию  $\text{CO}$  с эквимолярным получением  $\text{H}_2$  и использованием водорода в качестве восстановительного реагента.

**Ключевые слова:** восстановление, водород, углерод, уголь, металлургия, химическая технология, переработка, температура, пар.

### ҲОСИЛ КАРДАНИ МОДДАҶОИ БАҶҚАРОРКУНАНДА БО ИСТИФОДАИ ТАРЗИ КОРКАРДИ АНГИШТИ ФОН ЯҶНОБ

**Аннотатсия.** Дар мақола оиди раванди ҳосилкунии моддаҳои барқароркунанда бо тарзи коркарди ангишт оварда шудааст. Барои гузаронидани омӯзиши конҳои ангишти Фон Яғноби Тоҷикистон мавриди истифода қарор гирифтаанд. Иқтидори конҳои таҳқиқшуда дар Тоҷикистон 4,3 миллиард тоннаро ташкил медиҳанд, ки 0,03 фоизи захираҳои энергетикӣ ангишти ҷаҳониро ташкил медиҳанд. Бо вучуди ин, истифодаи ангишт чун як ингиқолдиҳандаи энергетикӣ ба ифлосшавии муҳити зист оварда мерасонад, ки оқибатҳои манфии экологӣ дорад. Ҳангоми сӯختани 1 моли карбон (12г) 1 мол гази  $\text{CO}_2$  (44 г) ҳосил мешавад ва массаи маҳсулоти сӯзиши ангишт 3,67 маротиба аз ҳуди массаи сӯзишворӣ зиёд мебошад. Газҳои  $\text{CO}$  ва  $\text{H}_2$  барқароркунандаҳои қавӣ мебошанд. Онҳо аз ҳарорат вобастагӣ доранд: ҳангоми ҳарорат аз  $830^\circ\text{C}$  кам будан ҳосияти барқароркунии гази  $\text{CO}$  аз  $\text{H}_2$  баландтар мебошад ва ҳангоми ҳарорат аз  $830^\circ\text{C}$  баланд будан баръакс ҳосияти барқароркунии  $\text{H}_2$  аз гази  $\text{CO}$  зиёд мегардад. Аз ин рӯ, вобаста ба ҳарорати раванди барқароркунии металлҳо метавон аз омехтаи  $\text{H}_2+\text{CO}$  ва ё гузаронидани конверсияи гази  $\text{CO}$ -ро бо ҳосилкунии гази эквимолярӣ  $\text{H}_2$  ва онро чун реагенти барқароркунии истифода бурд.

**Калимаҳои калидӣ:** барқароршавӣ, гидроген, карбон, ангишт, металлургия, технологияи химиявӣ, коркард, ҳарорат, буг.

### OBTAINING REDUCING SUBSTANCES BY THE METHOD OF RECYCLING COAL BACKGROUND FON YAGNOB

**Annotation.** The article describes the process of obtaining reducing substances by the method of coal processing. For research, coal deposits von Ya Signab of the Republic of Tajikistan selected. The capacity of the explored coal deposits in Tajikistan is estimated at 4.3 billion tons, which is 0.03% of the world's reserves of this energy. However, the use of coal as an energy carrier has negative environmental consequences for environmental pollution, since when combustion 1 mole of carbon (12 g), 1 mol  $\text{CO}_2$  (44 g) is formed, but the mass of coal burning products 3.67 times more than the mass of the fuel burned. In this regard, it was necessary to recycle coal, to extract chemical components from its composition and use them to be appointed in the metallurgical and chemical industry and thereby protect the environment from harmful emissions. To achieve the task, a method for gasifying coal is used. To gasify carbonaceous material in the gas generator, water steam is supplied with the stoichiometric ratio of  $\text{C}:\text{H}_2\text{O}=1:1$  so that in the gas generator only the reaction of incomplete oxidation of carbon with the formation of an equimolar mixture  $\text{H}_2$  and  $\text{CO}$ .  $\text{CO}$  and  $\text{H}_2$  gases are strong reducing agents, however, at temperatures below  $830^\circ\text{C}$ , the reduction capacity with higher than in  $\text{H}_2$ , and at temperatures above  $830^\circ\text{C}$ , on the contrary, the reduction capacity of hydrogen prevails over the  $\text{CO}$  property. Therefore, depending on the intended temperature of the implementation of the process of restoration of metals, it is possible to use a mixture of  $\text{H}_2 + \text{CO}$  or to convence  $\text{CO}$  with the equimolar production of  $\text{H}_2$  and the use of hydrogen as a rehabilitation reagent.

**Keywords:** recovery, hydrogen, carbon, coal, metallurgy, chemical technology, processing, temperature, steam.

### Введение

Промышленность занимает важное место в национальной экономике, от ее успешного развития зависят и другие отрасли экономики. В Таджикистане эта отрасль имеет большие перспективы, поэтому перед исследователями поставлена задача на всестороннее развитие этого сектора. Сегодня в стране успешно развивается на ряду с другими отраслями промышленности цветная металлургия и производство химических

веществ [1]. Для развития данных отраслей промышленности одним из необходимых условий является применение энергоносителей. Таковым для нашей страны является уголь, так как других видов энергоносителей как природный газ и нефть в республике в должном количестве не имеются. Запасы месторождений углей в республике оценена в 4,3 млрд. т, что составляет 0,03% мировых запасов данного энергоносителя. Однако, использование угля в качестве энергоносителя имеет отрицательные экологические последствия для загрязнения окружающей среды, поскольку при сжигании 1 моля углерода (12 г) образуется 1 моль  $\text{CO}_2$  (44 г), но масса продуктов сжигания угля в 3,67 раз больше массы сжигаемого топлива. Уголь используется в металлургии и химической промышленности не только в качестве энергоносителя, но и является сырьём: для получения кокса – компонента металлургических процессов производства металлов, а также сырьём для получения химических веществ имеющихся в его составе. Уголь характеризуется рядом показателей [2]. Его состав содержит следующие части: 1) органическая масса, содержащая углерод С, водород  $\text{H}_2$ , кислород  $\text{O}_2$ , азот  $\text{N}_2$  и органическую серу S; 2) аналитическая масса, включающая сухую массу топлива и аналитическую влагу; 3) горючая масса, содержащая органическую массу и серу в виде сульфидов ( $\text{FeS}$  и  $\text{FeS}_2$ ); 4) сухая масса, включающая горячую массу и минеральную часть; 5) рабочая масса, состоящая из сухой массы топлива и влаги. Известны различные способы переработки угля [3-4], которые свидетельствуют о применении составляющих компонентов угля в качестве готовой продукции или сырья для их получения.

### Цель исследования

Целью данного исследования является получение восстановительных веществ при полной переработке угля с разделением выделяемых веществ на отдельные компоненты для металлургической и химической промышленности.

Поставленная цель достигается, если в способе газификации угля [5] включающий предварительное нагревание угля до температуры  $700^\circ\text{C}$  в реакторе с внешним обогревом, выделение летучих и смолистых веществ состава угля в газообразном состоянии и их охлаждение вне реактора нагрева угля, газификацию оставшегося углеродистого материала веществами окислителями, охлаждение газообразных летучих и смолистых веществ осуществить в конденсационной колонне с тарелками, на которых по высоте колонны выдерживается градиент температуры в убывающем порядке согласно температурам конденсации газообразных компонентов состава смеси летучих и смолистых веществ, позволяющий последовательно выделить из газовой смеси каждого конденсированного компонента в отдельности в жидком виде при достижении температуры его конденсации, после отделения конденсированных веществ от неконденсируемых газов, смесь газов разделяется на отдельные газы мембранным или иным приемлемым способом, оставшийся кокс в реакторе нагрева угля используется как углеродистый восстановитель металлов или подвергается газификации эквимолярным количеством водяного пара для получения равноколичественной смеси водорода к окисью углерода ( $\text{CO}:\text{H}_2=1:1$ ), образующаяся эквимолярная смесь  $\text{CO}:\text{H}_2=1:1$  применяется в качестве восстановителя металлов или подвергается конверсии оксида углерода водяным паром согласно соотношению  $\text{CO}:\text{H}_2\text{O}=1:1$ , образующаяся уголекислота поглощается раствором щелочи с образованием карбонатных соединений, оставшийся водород используется в качестве восстановителя металлов или для иной цели по функциональным назначениям.

### Сущность предлагаемого способа

На рис. 1 приведена технологическая схема осуществления способа. Схему можно условно разделить на три стадии: а) выделение летучих и смолистых веществ, их разделение на отдельные компоненты, получение углеродистого материала; б) получение смеси ( $\text{CO}+\text{H}_2$ ); в) получение чистого  $\text{H}_2$ .

Способ осуществляется следующим образом. Уголь поступает во внешне обогреваемом реакторе (1) и нагревается через внутренний корпус реактора, сначала испаряется влага, далее при температурах до  $350^\circ\text{C}$  уголь очищается от летучих и легковыделяемых компонентов.

При дальнейшем нагревании уголь переходит в пластическое состояние и при температурах  $500-550^\circ\text{C}$  с отделением смолистых веществ от углерода начинается его графитизация и превращение в полукокс, который при температурах до  $700^\circ\text{C}$  превращается в чистый углеродистый материал. Выделенные летучие и смолистые вещества, а также газы, выводятся из реактора (1), они поступают снизу в конденсационную колонну (2), охлаждаемую водой или иным хладагентом. Внутри конденсационной колонны (2) расположены тарелки, на которых по высоте колонны выдерживается регулируемый температурный градиент по

убывающей зависимости температурам конденсации конденсируемых веществ. Тарелки конденсационной колонны соединены со сборниками конденсированных веществ. Конденсация газообразных веществ происходит в обратной зависимости от их температуры испарения из состава угля. Привязанный к составу смеси выделенных веществ температурный градиент режима охлаждения по высоте конденсационной колонны позволяет осуществить полное разделение смеси выделенных веществ на чистые компоненты. Конденсация и разделение выделенных из состава угля веществ происходит в следующем порядке в интервале температур:

- каменноугольный пек от 500 °С до 360°С ;
- антрацены от 360 °С до 270 °С ;
- метилнафталены от 270 °С до 230 °С ;
- нафталеновая фракция от 230 °С до 210 °С ;
- фенолы и пиридины от 200 °С до 170 °С ;
- бензол и его гомологи от 170 °С и ниже;

После выделения всех конденсированных веществ, из верхней тарелки конденсационной колонны (2) выводится смесь неконденсируемых газов N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub> и другие, образующиеся при переработки угля в реакторе (1), смесь газов охлаждается до требуемых температур для разделения на чистые газы и далее разделяется на отдельные газы в разделительном узле (4). Для разделения смеси неконденсируемых газов можно применять мембранный способ разделения смеси газов или иной приемлемый метод.

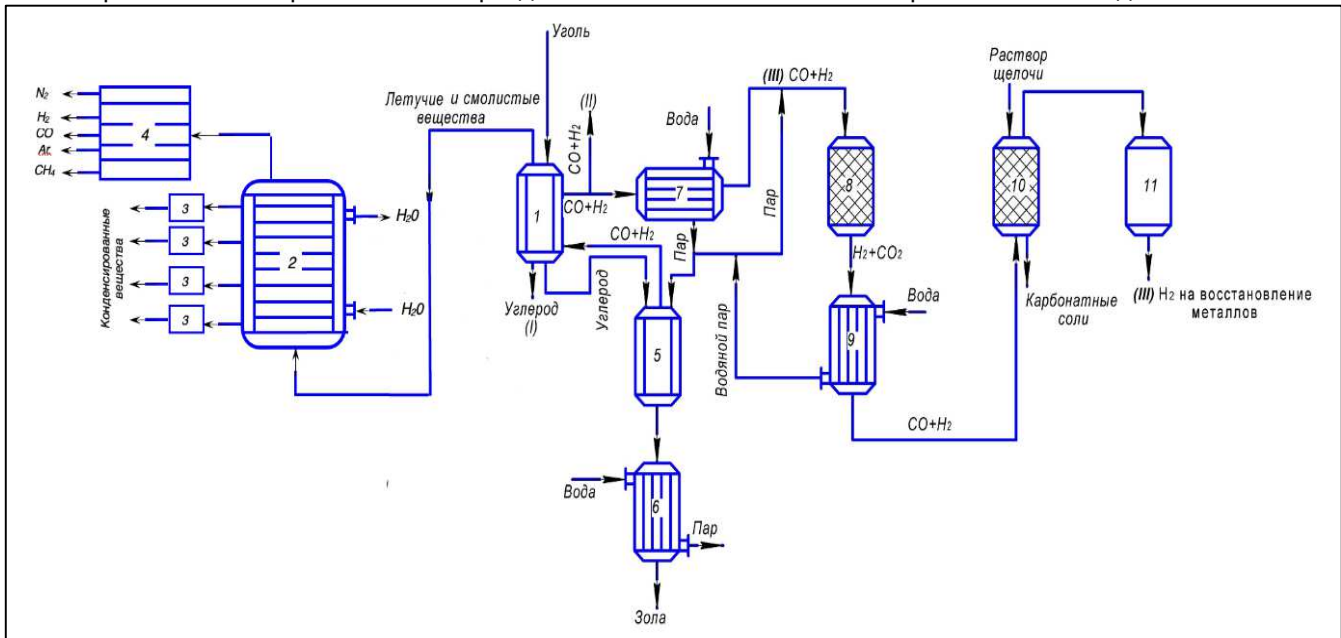


Рис. 1 - Технологическая схема способа переработки угля для получения восстановителей металлов: 1 – реактор нагрева угля; 2 – конденсационная колонна; 3-сборники конденсированных веществ; 4- разделитель газовой смеси; 5 – газогенератор; 6,7,9 – теплообменники –утилизаторы тепла;8 – реактор конверсии CO; 10 – щелочной абсорбер CO<sub>2</sub>; 11 – конденсатор водяных паров.

Из реактора (1) углеродистый материал, освобождённый от всех примесей, с температурой до 700°С можно непосредственно использовать:

а) в качестве восстановительного реагента в металлургических и химических процессах, при этом он направляется в соответствующее производство (поток I);

б) для получения смеси (CO+H<sub>2</sub>), для чего направляется в газогенератор (5), где подвергается водяной газификации при температурах до 1050°С – 1100°С (поток II).

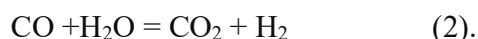
Для газификации углеродистого материала в газогенератор подаётся водяной пар с соблюдением стехиометрического соотношения C:H<sub>2</sub>O=1:1 с тем, чтобы в газогенераторе протекала только реакция неполного окисления углерода с образованием эквимольярной смеси H<sub>2</sub> и CO



Для не загрязнения состава генераторного газа другими газами, дополнительный нагрев газогенератора осуществляется через стенку электро-нагревом или сжиганием угля с условием утилизации образующегося дымового газа. При использовании углеродистого материала непосредственно как восстановитель в металлургических и химических процессах (поток I) нагрев реактора 1 осуществляется автономно извне.

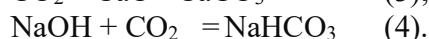
Из газогенератора зола выносятся в теплообменник-утилизатор тепла (6) и после охлаждения водой используется по назначению.

CO и H<sub>2</sub> являются сильными восстановителями, однако при температурах ниже 830°C восстановительная способность CO выше чем у H<sub>2</sub>, а при температурах выше 830°C наоборот восстановительная способность водорода преобладает над свойством CO. Поэтому, в зависимости от предполагаемой температуры осуществления процесса восстановления металлов можно использовать смесь H<sub>2</sub>+CO или провести конверсию CO с эквимольным получением H<sub>2</sub> и использованием водорода в качестве восстановительного реагента. Исходя из данного положения, в первом случае генераторный газ непосредственно направляется в металлургическое или химическое производство в качестве восстановительного реагента (поток II), а во втором случае он подаётся в реактор (1) для нагрева угля через стенку реактора до 700°C, затем в теплообменнике-утилизаторе тепла (7) охлаждается до температурах 320°C-350°C, образующийся насыщенный водяной пар направляется в газогенератор (5) для газификации углерода, а охлаждённый до температурах 320-350°C генераторный газ направляется в реактор (8) для осуществления каталитической реакции конверсии оксида углерода



При поступлении генераторного газа в реактор (8) для конверсии CO, в реактор также подаётся водяной пар в количестве, соответствующей содержанию CO в составе водяного газа. Наиболее оптимальным режимом осуществления каталитической конверсии CO является температура 350°C-380°C, поэтому при подаче водяного пара следует регулировать его температуру до значения, которое обеспечило бы с учётом экзотермичности реакции (2) температуры среды реакции в данных пределах.

Конвертированный газ, состоящий из эквимольных количеств H<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>, охлаждается до нормальных температур в теплообменнике-утилизаторе тепла (9) при получении водяного пара, затем подаётся в абсорбер (10), где раствором щелочей из его состава выделяется CO<sub>2</sub>. Наиболее простым способом выделения CO<sub>2</sub> из смеси газов является его поглощения щелочами по реакциям



Карбонатные соединения выпадают в осадок, а газообразный H<sub>2</sub> после сушки от паров воды используется по назначению. Для этого, по выходу из абсорбера (10), поток водорода направляется в конденсатор (II), где из него при температуре ниже -5°C выделяются пары воды и оставшийся сухой H<sub>2</sub> можно использовать в качестве восстановительного газа в металлургических и химических процессах или в других целях, где необходимо использование чистого водорода (поток III).

### Пример осуществления способа

Для определения параметров способа переработки угля и получения восстановительных веществ использованы пробы угля Фон-Ягнобского месторождения Таджикистана состава, мас. %: C-81,0; H-5,2; N-1,0; O-2,0; S-1,4; зола-5,3; влажность угля-4,0, содержание летучих веществ 0,98%, содержание смолы 4,5% и галенит содержащего концентрата Кони Мансур (Таджикистан) минералогического состава, мас. %: PbS-46,0; ZnS-5,10; CuFeS<sub>2</sub>-5,04; FeS<sub>2</sub>-34,64; SiO<sub>2</sub>-7,12; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-2,10.

В Таблице приведены количественные данные получения основных веществ при переработке 1000 кг угля исследуемой пробы.

Таблица. Количественные данные переработки угля

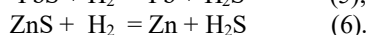
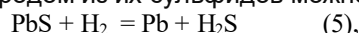
Стадии способа	Реагенты	кг	Продукты	кг
Получение углеродистого материала	Уголь	1000	Углеродистый материал	863
			Выделенные вещества	137
Получение смеси (CO+H <sub>2</sub> )	Углеродистый материал Водяной пар	863 1215	H <sub>2</sub>	135
			CO	1890
			Зола	53
Получение водорода	Смесь H <sub>2</sub> +CO Водяной пар	2025 1215	H <sub>2</sub>	270
			CO <sub>2</sub>	2970



В теплообменных процессах способа образуется водяной пар, часть которой используется при газификации углеродного материала и конверсии CO, остальная часть используется по другим назначениям. При утилизации 2970 кг CO<sub>2</sub> растворами щелочей Ca(OH)<sub>2</sub> или NaOH соответственно образуются 6750 кг CaCO<sub>3</sub> или 7155 кг Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Способ за исключением для дополнительного нагрева газогенератора от температуры 700°C до 1000°C-1100°C не требует затраты тепла извне, в то же время часть водяного пара используется для технологических нужд вне процесса получения веществ восстановителей.

### Восстановление сульфидов металлов водородом

Реакции восстановления металлов водородом из их сульфидов можно написать для свинца и цинка как



Согласно реакции (5) стехиометрически для восстановления свинца из 1 кмоль PbS потребуется всего 2 кг H<sub>2</sub>, следовательно, при получении из 1000 кг угля 270 кг водорода (см. Таблицу), это количество водорода достаточно для восстановления свинца из 135 кмоль или 32,3 т PbS. Для извлечения свинца из 1000 кг указанного состава концентрата Кони Мансур потребуется всего 3,85 кг или 43,12 м<sup>3</sup> H<sub>2</sub>. Водород, полученный из 1000 кг используемого состава угля Фон Ягнобского месторождения, будет достаточным для извлечения свинца из 70,1 т концентрата Кони Мансур вышеуказанного состава.

**Вывод.** Предлагаемый способ переработки угля и получения восстановительных веществ позволяет полностью переработать уголь с извлечением всех компонентов его состава, получить чистый углеродистый материал, смесь (H<sub>2</sub>+CO), чистый водород, карбонатные вещества, горячей воды и водяного пара. Способ является безотходным. Он позволяет использовать тепла технологического газа, летучих веществ и золы для получения водяного пара или горячей воды, используемых во внутреннем цикле процесса газификации углеродистого материала и конверсии оксида углерода, и получить химически чистые вещества и отдельные газы, которые имеют широкое применение в химических и металлургических производствах. Способ является экологически чистым.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Послание Президента Республики Таджикистан Маджлиси Оли от 26 декабря 2018 года.
2. З.Х. Гайбуллаева, Б.И. Асроров, Ш.Б. Бахриддинзода. А Шарифов. Совмещенный способ получения восстановительных газов и переработка галенит содержащих концентратов. Ж. Цветные металлы. №1.2022. –с.18-22.
3. Патент США №2160139, А5С от 20.12.2015/ Способ и установка ожижения и дистилляции летучих веществ// автор Уиндерспун Джозеф А. (US).
4. Евразийский патент Р № 037398 от 12.10.2019 //Способ газификации угля для производства тепла и химических веществ. // Гайбуллаева З.Х., Шарифов А., Хамроев Ф.Б., Шодиев Г.Г.
5. Положительное решение на заявку Патента ТД №02 1/001 от 5.01.2022г. Способ переработки угля и получение восстановительных веществ // Гайбуллаева З.Х., Асроров Б.И., Бахриддинзода Ш.Б., Шарифов А

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS BACKGROUND)

TJ	RU	EN
<i>Гайбуллаева З.Х.</i>	<i>Гайбуллаева З.Х.</i>	<i>Gaibullaeva Z.Kh.</i>
<i>канд. хим. наук, доцент</i>	<i>канд. хим. наук, доцент</i>	<i>cand. chem. Sciences, Associate Professor</i>
<i>Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ</i>	<i>Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими</i>	<i>Tajik Technical University named after Academician M.S.Osimi</i>
<i>zumratihabib@rambler.ru</i>		
TJ	RU	EN
<i>Шарифов Абдумумин</i>	<i>Шарифов Абдумумин</i>	<i>Sharifov Abdumumin</i>
<i>доктори илмҳои техники, профессор</i>	<i>доктор технических наук, профессор</i>	<i>doctor of technical sciences, professor</i>
<i>Донишгоҳи давлатии Данғара</i>	<i>Дангаринский государственный университет</i>	<i>Dangara State University</i>
<i><a href="mailto:Sharifov49@mail.ru">Sharifov49@mail.ru</a></i>		

УДК 656.072

## ТАҲЛИЛИ УСУЛ ВА МОДЕЛҲОИ БАҲОДИҲИИ ТАЛАБОТ БА ХИЗМАТРАСОНИИ НАҚЛИЁТИ МУСОФИРБАР

Ризой Н.М., Юнусов Ф.М.

Маркази омили ҶИЭ

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Аннотатсия. Дар мақолаи мазкур усул ва моделҳои баҳодихии талабот ба хизматрасониҳои нақлиёти мусофирбар таҳлил гардидааст. Усулҳои истифодабарандаи олимони дар давраҳои гуногун ва шаҳрҳои аҳолино сатҳи тараққиётшон гуногун таҳлил карда шудааст. Калимаҳои калидӣ: усул, модел, талабот, баҳодихӣ, нақлиёт, мусофир, шаҳр.

### АНАЛИЗ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ СПРОСА НА УСЛУГИ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

Аннотация. В данной статье анализируются методы и модели оценки спроса на услуги пассажирского транспорта. Анализируются методы, которыми пользовались ученые в разное время и в городах с разным населением и уровнем развития.

Ключевые слова: метод, модель, требования, оценка, транспорт, пассажир, город.

### ANALYSIS OF METHODOLOGY AND MODELS FOR EVALUATION OF REQUIREMENTS FOR PASSENGER TRANSPORTATION SERVICES

Annotation. This article analyzes methods and models for assessing the demand for passenger transport services. The methods used by scientists at different times and in cities with different populations and levels of development are analyzed.

Key words: method, model, requirements, assessment, transport, passenger, city.

Соҳтори умумии аксарияти моделҳо барои баҳодихии талабот ба хизматрасониҳои нақлиёти мусофирбар гравитатсионӣ аст. Моделҳои гравитатсионӣ монанди қонуни ҷозобаи Нютон ба шумор меравад. Қонуни Нютон мегӯяд: “қувваи ҷозобаи гравитатсионӣ байни ду вазни дар ягон масофа ҷудошуда ба ҳар ду вазн мутаносиби роста ва ба квадрати масофаи байни онҳо мутаносиби чаппа аст”. Ин қонун бо формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$F_{ij} = \delta \frac{M_i M_j}{d_{ij}^2} \quad (1)$$

ки ин ҷо  $M_i$  ва  $M_j$  – вазни ашё;  $d_{ij}$  – масофаи байни онҳо;  $\delta$  – қувваи гравитатсионӣ.

Моделҳои гравитатсионии талабот ба хизмати нақлиётӣ тавсиф медиҳад, ки хизматрасониҳои нақлиётӣ байни ду шаҳр ба аҳолии он мутаносиби роста ва ба квадрати масофаи байни шаҳрҳо мутаносиби чаппа аст. Агар  $p_i$  ва  $p_j$  – шумораи аҳолии шаҳрҳои  $i$  ва  $j$  бошад, мувофиқи формулаи Нютон ба даст меорем:

$$T_{ij} = a \frac{p_i p_j}{d_{ij}^2} \quad (2)$$

ки ин ҷо  $T_{ij}$  – ҳаҷми интиқол байни шаҳрҳо.

Дар баъзе моделҳо талабот ба хизматрасониҳои нақлиётӣ на он қадар дуруст баҳо дода мешавад, зеро аҳолии шаҳрҳои  $i$  ва  $j$  нобаробар аст. Ин нобаробариро метавон чунин нишон дод:

$$T_{ij} = a \frac{p_i^{\alpha_i} p_j^{\alpha_j}}{d_{ij}^2} \quad (3)$$

Дар заминаи модели гравитатсионии Нютон аз ҷониби Ричард Квант модели нисбатан умумие, ки тағйирёбандаҳо – даромаднокӣ, шугли қувваи корӣ, хароҷот барои сафар ва монанди инҳо мебошанд, пешниҳод гардидааст.

$$T_{ij} = a_1 p_i * a_2 p_j * a_3 y_i * a_4 y_j * a_5 v_j * a_6 v_i * a_7 h_j * a_8 c_i * a_9 s_{ij} \quad (4)$$

Тағйирёбандаҳои  $T_{ij}$ ,  $p_i$ ,  $p_j$  дар ин формула ҳамчун дар формулаи пешин муайян карда мешаванд. Тағйирёбандаи  $Y$  – нишондиҳандаи даромаднокии истифодабарандаи хизмати нақлиётӣ;  $V$  – баъзе аз хусусиятҳои шаҳр, ҳамчун шугли қувваи меҳнатӣ дар заводу конҳо;  $H$  ва  $C$  – тағйирёбандаҳо, хароҷоти вақт барои интиқол;  $S_{ij}$  – нишондиҳандаи тавсифдиҳандаи шароити муҳайёкардаи интиқолдиҳандаи нақлиёти ҳавой.

Барои баҳодиҳии талабот ба хизматҳои нақлиёти байнишаҳрӣ ду усул истифода мешавад. Дар асоси ин усулҳои моделҳои гуногуни баҳодиҳии талабот бо сохтор ва омилҳои гуногуни ба ҷойивазкунии аҳоли бо шахрҳои гуногун таъсиррасон пешниҳод шуда буданд. Дар зер аз онҳо ду модел оварда шудааст:

-моделҳои мураккаби баҳодиҳии талабот ба хизматҳои нақлиёти байнишаҳрӣ.

Барои баҳодиҳии талабот ба хизматҳои нақлиёт байни минтақаҳо агар масофа миёни онҳо калон нест ё вақте ки талабот ба намудҳои гуногуни нақлиёт бо ҳамдигар алоқаманд аст, модели мураккаб истифода мегардад. Дар ин ҳолат сохтори модел чунон мешавад, ки ҳаҷми ҷойивазкунии байни ду нуқта бо ёрии воситаи нақлиёти мувофиқ бо назардошти хусусиятҳои иҷтимоӣ-иқтисодии минтақа, хусусиятҳои воситаи ҳаракат ва махсусан дигар воситаҳои ҳаракати дар рақобатбуда муайян мегардад. Сохтори умумии моделҳои мураккаб гравитатсионӣ ё ба он монанд мешавад. Дар ин моделҳо ҳаҷми ҷойивазкунии байни ду минтақа бо натиҷаи зарби тағйирёбандаҳои талаботи ин минтақаҳо ва системаи расонандаи хизмати нақлиёт дар байни аҳоли мутаносиб аст. Ин модел дар шакли математики чунон мешавад [4]:

$$T_{ij}^M = F(d_{it}, d_{jt}, S_{mt}, S_{nt}) \quad (5)$$

ки ин ҷо  $T_{ij}^M$  - шумораи мусофирҳои бурдашуда тариқи  $M$  аз нуқтаи  $i$  ба нуқтаи  $j$  дар муддати вақти  $t$ ;  $d_{it}$  – нишондиҳандаи тақсими хизмати нақлиётӣ, ки ба нуқтаи таъйиноти  $i$  дар муддати вақти  $t$  тааллуқ дорад;  $d_{jt}$  – нишондиҳандаи афзоиши интиқол, ки ба нуқтаи таъйиноти  $j$  дар муддати вақти  $t$  тааллуқ дорад;  $S_{mt}$  - маҳдудияти монешавандаи интиқол тариқи  $m$  дар муддати вақти  $t$ ;  $S_{nt}$  – маҳдудияти монешавандаи интиқол тариқи  $n$  дар муддати вақти  $t$ .

Дар ин моделҳо як ё ду пешниҳоди тағйирёбанда истифода мешавад. Афзоиши теъдоди пешниҳодоти тағйирёбандаи намудҳои гуногуни нақлиёт байни минтақаҳо аз сабаби набудани коррелятсияи чандкарата ба пайдоиши мушкилот дар баҳодиҳии андозаи моделҳо оварда мерасонад. Модели аз ҳама паҳнгардидае, ки дар омӯзиши талабот ба хизмати нақлиёт байни шаҳрҳо бо масофаи на он қадар калон истифода мешавад, моделест, ки дар талабот ба интиқол тавассути воситаи дилҳои нақлиёт коррелятсия боз бо як нишондиҳанда дорад.

Модели абстрактӣ яке аз моделҳои аввалини дар омӯзиши талаботи байни шаҳрҳо бо масофаи камтар ва роҳҳои ҳаракати чандкарата истифодашуда аст. Дар ин модел функцияи талабот барои ҳар як пешниҳоди тағйирёбанда тариқи муқоисаи танҳо нишондиҳандаҳои дутарафаи хизмати нақлиётӣ, омӯзиши хатсайрҳо ва масофаи дорои нишондиҳандаҳои беҳтарини тағйирёбандаҳои пешниҳодоти дилҳо муайян карда мешавад. Дар натиҷа модели чандкаратаи ҳаракат ба модели содда табдил меёбад.

Модели абстрактӣ хусусиятҳои худро дошта, бо формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$S_{km}^r = \frac{S_{km}}{S_{kb}} \quad (6),$$

ки ин ҷо  $S_{km}$  – қимати нисбии пешниҳоди тағйирёбандаи  $k$ , ки ба тағйирёбандаи  $m$  тааллуқ дорад;  $S_{kb}$  – қимати беҳтарини пешниҳоди тағйирёбандаи  $k$  дар байни пешниҳодоти мавҷуда.

Агар критерияи баҳодиҳӣ нишондиҳандаи муносиби хатсайри пешниҳодии интиқол бошад (масалан, ҳаракати мунтазам), пас  $S_{kb}$ , қимати беҳтаринро мегирад. Дар ҳоли баръакс (масалан, вақти як роҳи ҳаракат) қимати камтаринро мегирад. Модели зерин яке аз моделҳои аввалини ин намуд аст, ки барои таҳлили ҳаракат байни шаҳрҳои штати Калифорния ИМА истифода шуд [1].

$$T_{ij}^m = \alpha * p_i^{\alpha_1} * p_j^{\alpha_2} * Y_i^{\alpha_3} * Y_j^{\alpha_4} * M_i^{\alpha_5} * M_j^{\alpha_6} * (H_{ij}^b)^{\beta_1} * (H_{ij}^{mr})^{\beta_2} * (C_{ij}^{mr})^{\beta_3} * (C_{ij}^b)^{\beta_4} \quad (7)$$

ки ин ҷо  $p_i$  ва  $p_j$  – шумораи аҳолии шаҳрҳои  $i$  ва  $j$ ;  $Y_i$  – даромаднокии миёна дар шаҳрҳои  $i$  ва  $j$ ;  $M_i$  – таносуби фоизии коргарони саноат нисбат ба дигар меҳнаткашон;  $H_{ij}^{mr}$  - давомнокии муваққатии сафари як мусофир нисбат ба давомнокии муваққатии интиқоли муносиб аз  $i$  ба  $j$  (усули муносиби хатсайр тӯли камтарин дорад);  $H_{ij}^b$  - тӯли минималии хатсайр аз  $i$  ба  $j$ ;  $C_{ij}^{mr}$  - давомнокии беҳтарин (камтарин)-и интиқол байни  $i$  ба  $j$  тариқи  $m$ ;  $C_{ij}^{nr}$  - давомнокии минималии интиқол байни  $i$  ва  $j$  тариқи  $n$ ;  $C_{ij}^b$  - давомнокии минималии интиқол байни  $i$  ва  $j$ ;  $\alpha, \beta$  – андозаҳои модел.

Натиҷаҳои бадастомадаи истифодаи моделҳо муайян карданд, ки қимати коэффитсиенти тағйирёбандаҳо нисбат ба нишондиҳандаҳои пешниҳодот ба хизмати нақлиётӣ бештар дорои қимати мувофиқи тағйирёбандаҳо бо нишондиҳандаҳои беҳтаринанд. Коэффитсиенти қиматҳои  $P_i P_j$  ба ҳам монанд ва сохтори мантиқии модел муайян карда шудааст. Ин ду тағйирёбанда дар ислоҳоти бештари навбатӣ дар модели абстрактӣ чун натиҷаи зарби  $P_i$  х  $P_j$  оварда шудааст. Дар яке аз намудҳои муосири

моделҳои абстрактӣ тағйирёбандаҳои ёрирасон барои намоиши бехтарини самараи усулҳои гуногуни ҳаракат истифода мегардад. Сохтори ин модел чунин намуд дорад:

$$T_{ij}^m = \alpha * (P_i * P_j)^{\alpha_1} * (H_{ij}^{mr})^{\beta_2} * (H_{ij}^b)^{\beta_3} * (C_{ij}^{mr})^{\beta_4} * (F_{ij}^{mr})^{\beta_5} Y_{ij}^{\alpha_2} + \alpha_3 A_m + \beta_m \quad (8)$$

ки ин ҷо  $Y_{ij}$  – даромаднокии миёнаи солона дар шаҳрҳои  $i$  ва  $j$ ;  $F_{ij}^{mr}$  - пайдапайии муқоисавии ҳаракат аз  $i$  ба  $j$  тавассути  $m$ ;  $A_m$  – тағйирёбандаи ёрирасон =1, агар на бо автомобили сабукрав, дар акси ҳол =0;  $\beta_m$  – тағйирёбандаи ёрирасон =1, агар бо автобус, дар акси ҳол =0.

Коэффитсиентҳои чандирии даромадноқӣ ҳангоми ҳаракат бо автомобили сабукрав баробари ( $\alpha_2 + \alpha_3$ ), бо автобус ( $\alpha_2 + \alpha_4$ ) мешавад. Барои дигар намудҳои воситаи нақлиёт коэффитсиентҳои чандирии даромадноқӣ ба  $\alpha_2$  баробар мешавад. Бартарии ин модел дар он аст, ки он якбора теъдоди сафарро муайян карда, талаботро ба ҳамаи намудҳои нақлиёт тақсим мекунад.

Ба ин бартариҳо нигоҳ накарда, баъзе омилҳои ҳастанд, ки истифодаи васеи ин моделро маҳдуд мекунад. Масалан, зарурати маълумоти дақиқи оморӣ дар давраи коркард, ки тамоми модел бе он ғайриистифода аст [1].

Моделҳои объектӣ-роҳнамои баҳодиҳии талабот дар хизматҳои нақлиёти байнишаҳрӣ ба талабот нисбат ба хизмати нақлиётӣ бо воситаи мушаххаси ҳаракат асос карда шудаанд. Чунин моделҳо фарқ мекунад ва аз воситаҳои аналогии ҳаракат вобаста нестанд ва онҳоро аз моделҳои воситаҳои махсуси ҳаракат алоҳида омӯختан мумкин аст.

Ин моделҳо барои таҳлили хизматҳои нақлиётӣ дар масофаҳои дароз ва нисбатан дар шароитҳои дорои рақобати на он қадар калон дар байни воситаҳои нақлиёт (масалан, талабот ба нақлиёти ҳавоӣ) истифода мешаванд. Дар ин ҳолатҳо хусусияти нақлиёт маълуман алоҳида омӯхта мешавад.

Сохтори ин моделҳо гравитатсионӣ буда, талабот ба хизматҳои нақлиётӣ байни минтақаҳо аз тағйирёбандаҳои иқтисодӣ-иҷтимоии минтақавӣ ва ҳаҷми тағйирёбандаи пешниҳодоти нақлиётӣ вобаста аст.

Баҳодиҳии иқтисодӣ-иҷтимоии минтақавӣ ва ҳаҷми тағйирёбандаи пешниҳодоти нақлиётӣ фарқ мекунад.

Навишти ин модел чунин намуд дорад:

$$T_{ijt} = F(d_{it}, d_{jt}, s_{ijt}) \quad (9)$$

ки ин ҷо,  $T_{ijt}$  - ҳаҷми хизматҳои нақлиётӣ аз нуқтаи  $i$  ба  $j$  дар муддати вақти  $t$ ;  $d_{it}$  – ҳосиятҳои иҷтимоӣ-иқтисодии нуқтаи  $i$  дар мавриди вақти  $t$ ;  $d_{jt}$  – ҳосиятҳои иҷтимоӣ-иқтисодии нуқтаи  $j$  дар мавриди вақти  $t$ ;  $s_{ijt}$  – омилҳои, ки ба интиқол дар мавриди вақти  $t$  монеъ мешаванд.

Тадқиқи функсияи талабот ба мусофирбарӣ бо нақлиёти роҳи оҳан (тадқиқот барои Словения) дар Донишгоҳи Марибораи Словения аз ҷониби профессор Ҷонни Беко гузаронида шуд. Дар тадқиқоти худ муаллиф 6 функсияи талаботро интиҳоб карда, онҳоро алоҳида аз якдигар ҳисоб намуд. Тадқиқи функсияи талабот ба мусофирбарӣ бо нақлиёти роҳи оҳан ночандирии таносуби нарх ба даромаднокиро муайян кард.

Коэффитсиенти бадастомада (барои шароити Словения камтар аз 1) исбот намуд, ки хизмати нақлиёти роҳи оҳан дар Словения нисбат ба даромад устувор аст.

Функсияи талабот ба мусофирбарӣ дар асоси “бадастовариҳои максимуми муносиби талаботи истеъмолкунанда бо назардошти бучаи он” муайян карда шуд. Муаллиф ба 5 параметр дар ду гурӯҳ асос мекунад. Гурӯҳи якум омилҳои иқтисодӣ дошта, нишондиҳандаҳои зеринро дорад:

- нархи тағйирёбанда;
- даромади тағйирёбанда;
- ММД-и тағйирёбанда ва ғ.

Гурӯҳи дуюм нишондиҳандаҳои сифати зерин дорад:

- ҳаҷми интиқол;
- сарфаи вақт дар муқоиса бо дигар намудҳои интиқол.

Аз сабаби мушкилии муайянкунии омилҳои гурӯҳи дуюм муаллиф танҳо маълумоти гурӯҳи якумро гирифта, дар ҳисоби функсия маълумоти моҳона ва мавсимии солҳои 1993-2003 ва усули OLS (усули квадрати хурдатарин)-ро истифода бурд. Системаи нақлиёти роҳи оҳани Словения чун асоси муҳити оморӣ қабул шуд. Тағйирёбанда аз теъдоди мусофирони бо нақлиёти роҳи оҳан интиқолшуда вобаста аст:

$$E1 \ln(\beta_1) + \beta_2 \ln(I_1^q) + \beta_3 \ln(P_5^q) + \beta_4 D_2 + \beta_5 D_3 + u = \ln(Q^q)$$

$$\begin{aligned}
 E2 \quad & \ln(\beta_1) + \beta_2 \ln(I_1^q) + \beta_3 \ln(P_6^q) + \beta_4 D_2 + \beta_5 D_3 + u = \ln(Q^q) \\
 E1 \quad & \ln(\beta_1) + \beta_2 \ln(I_1^q) + \beta_3 \ln(P_5^q) + \beta_4 D_2 + \beta_5 D_3 + u = \ln(Q^q) \quad (10) \\
 E2 \quad & \ln(\beta_1) + \beta_2 \ln(I_1^q) + \beta_3 \ln(P_6^q) + \beta_4 D_2 + \beta_5 D_3 + u = \ln(Q^q) \\
 E2 \quad & \ln(\beta_1) + \beta_2 \ln(ISA_2^q) + \beta_3 \ln(PSA_5^q) + u = \ln(QSA^q) \\
 E2 \quad & \ln(\beta_1) + \beta_2 \ln(ISA_2^q) + \beta_3 \ln(PSA_6^q) + u = \ln(QSA^q)
 \end{aligned}$$

Дар муодила E1 ва E2-и бадастомада чандирии нархии нуқтавии мувофиқ ба -0,2045 ва -0,2032 маънои оро дорад, ки афзоиши пардохт ба 1% ба камшавии талабот ба 0,2% меоварад.

Дар муодила E1 ва E2-и бадастомада чандирии нархии нуқтавии мувофиқ ба -0,9286 ва -0,9273 маънои оро дорад, ки ба ҳисоби миёна афзоиши даромад ба 1% ба афзоиши талабот ба 0,93% меоварад.

Дар муодила E3 ва E4-и бадастомадаи чандирии нархии нуқтавий нисбат ба E1 ва E2 афзудааст ва ғ. Маълумот ва натиҷаи ҳисоби тағйирёбандаҳо дар ҷадвали 1 омадааст.

Ҷадвали 1.

Натиҷаи ҳисоб аз рӯи модели Чонни Беко

Муодила	Ишораҳои шартӣ	Нишондиҳандаи тағйирёбандаҳо	Чандирият
E1	$Q^q$	Теъдоди мусофирони интиқолшуда дар ҳар як мавсим	
	$I_1^q$	ММД дар ҳар як мавсим	0,9268
	$P_5^q$	Нархи муқарраршудаи чипта дар ҳар як мавсим (нишондиҳандаи арзиши хизмати нақлиётӣ)	0,2045
E2	$Q^q$	Теъдоди мусофирони интиқолшуда дар ҳар як мавсим	
	$I_1^q$	ММД дар ҳар як мавсим	0,9273
	$P_6^q$	Нархи муқарраршудаи чипта дар ҳар як мавсим (нишондиҳандаи нархии истеъмолкунанда)	0,2032
E3	$Q^d$	Теъдоди мусофирони интиқолшуда дар ҳар як мавсим	
	$I_1^q$	ММД дар ҳар як мавсим	0.9645
	$P_5^q$	Нархи муқарраршудаи чипта дар ҳар як мавсим (нишондиҳандаи арзиши хизмати нақлиётӣ)	
E4	$Q^q$	Меъёрони теъдоди мусофирони интиқолшуда дар ҳар як мавсим	
	$I_2^q$	Даромаднокии қайдшудаи ҳар як оила дар ҳар як мавсим	0.9645
	$P_6^q$	Нархи муқарраршудаи чипта дар ҳар як мавсим (нишондиҳандаи арзиши хизмати нақлиётӣ)	
E5	$QSA^q$	Меъёрони теъдоди мусофирони интиқолшуда дар ҳар як мавсим	
	$ISA_2^q$	Даромаднокии қайдшудаи ҳар як оила дар ҳар як мавсим	0,7281
	$PSA_5^q$	Нархи муқарраршудаи чипта дар ҳар як мавсим (меъёронида)	
E6	$QSA^q$	Меъёрони теъдоди мусофирони интиқолшуда дар ҳар як мавсим	
	$ISA_2^q$	Даромаднокии қайдшудаи ҳар як оила дар ҳар як мавсим	0,7256
	$PSA_6^q$	Нархи муқарраршудаи чипта дар ҳар як мавсим (меъёронида)	
Дар ҳама функсияҳо	$D \ln(\beta_1), \beta_2, \beta_3, \beta_4, u$	Тағйирёбандаҳои тасодуфӣ, тағйирёбандаҳои маҷозии бета коэффитсиентҳо	

Алкали тадқиқи гурӯҳи шаҳрҳои иёлотии Калифорнияро дар самти ҳаҷми трафикаи роҳҳои ҳавой, роҳи оҳан ва магистралӣ гузаронида, имкони омили масофаро тариқи эксперименталӣ баҳо додааст. Ин тадқиқот вобастагии логарифмии нисбатан равшани модели гравитатсиониро муайян намуд. Дар ин модел теъдоди интиқоли иҷрошуда тариқи намуди дилхоҳи нақлиёт (ҳавой, автомобилӣ ва ғ.) –  $L_{ij}$ ; функсия аз шумораи аҳолии шаҳри фирист –  $P_i$ ; шаҳри таъйинот –  $P_j$ ; масофаи байни ду шаҳр –  $d_{ij}$ . Қимати  $P_i$  ва  $P_j$  дар ин ҳолат як хел буда, омили  $d_{ij}$  барои масофаи ҳавой ва заминӣ алоҳида ҳисоб карда шудааст. Натиҷаҳо ба даст омаданд:

-барои интиқоли ҳавой:

$$\ln L_{ij} = -46,76 + 2,089 \ln P_i + 2,017 P_j - 356 \ln d_{ij} \quad (11)$$

$$R^2 = 0,9$$

-барои интиқоли автомобилӣ:

$$\ln L_{ij} = -0,0303 + 0,981 \ln P_t + 1,0308 \ln P_j - 2562 \ln d_{ij} \quad (12)$$

$$R^2 = 0,91$$

-моделҳои ҳулосавии шумораи умумии интиқоли иҷрошударо байни ду шаҳр баҳо медиҳад:

$$\ln L_{ij} = -3,39 + 1,075 \ln p_t + 1,083 \ln p_j - 2,04591 \ln d_{ij} \quad (13)$$

$$R^2 = 0,94$$

Натиҷаи муҳими муқоисаи моделҳои болозикр дар он аст, ки модели гравитатсионӣ барои пешгӯии ҳаҷми интиқол муносиб аст. Дар модели ниҳой муҳим аст, ки хароҷоти интиқоли ҳавоӣ назар ба хароҷати нақлиёти рӯйизаминӣ хеле баланд аст ва арзиши параметрҳои доимии интиқол бо нақлиёти ҳавоӣ зиёд аст. Ба назар гирифтани зарур аст, ки коэффитсиенти  $\ln d_{ij}$  дар ҳама муодилаҳо манфӣ буда, бо афзоиши масофа байни нуқтаҳои фирист ва таъйинот теъдоди интиқол кам мешавад.

Фишер тадқиқоти эксперименталии талаботро ба хизматҳои нақлиётӣ гузаронид. Моделҳои Фишер функсияи талаботро ба мусофирбарии роҳиоҳангро дар самти Бостон – Нью-Йорк баҳо медиҳад. Дар модели худ ғайр аз пардохт барои сафар ва дарозии он, Фишер ба функсия теъдоди автомобилҳои шахсӣ ва арзиши чиптаи автобусро ворид мекунад. Ин имкон дод, ки чандирии нархи талабот ба хизмати нақлиёти роҳи оҳан баробари 1,3 муайян гардад. жралд Крафт тадқиқоти ўро бо аниқсозии мафҳуми вобастагии талабот ба тамоми намудҳои нақлиёт пурра кард. Дар асоси маълумоти соли 1960 ў функсияҳои алоҳидаи талаботро ба хизматҳои автомобилӣ (автомобилҳои шахсӣ ва автобусҳо) ва роҳи оҳан ҳисоб кард. Тамоми интиқол бо мақсади мушаххасро жралд Крафт бо функсияи тағйирёбанда – дарозии интиқол, арзиши пардохт барои сафар, арзиши пардохт ва тўли воситаҳои захиравӣ, шумораи аҳоли ва даромаднокии ифода мекунад. Функсияи талабот барои сафарҳои мадани-маишӣ ва меҳнатӣ алоҳида ҳисоб карда шуда, чандирии нархӣ барои ҳар як намуди нақлиёт чун  $-1 < E_p < 1$  нишон дода шудааст. Аз ибтидо чандирии интиқол бо нақлиёти шахсӣ нисбат ба интиқоли роҳи оҳан, инчунин нисбат ба пардохт “-3” пешниҳод шудааст, ки ҳассосияти интиқоли меҳнатиро нисбат ба пардохт барои сафар муайян намуд.

Моделҳои дигар барои ҳисоби сафарҳои ҳаррўза ба маркази шаҳр соли 1980 аз ҷониби Артур Груен дар Бостон коркард шуда буд. Минтақаи интиҳобшуда шумораи бештари ҳаракати нақлиётиро дорад, ки ба тамбашавии автомобилҳо меоварад. Шумораи сафарҳои ҳаррўза бо нақлиёти шахсӣ аз минтақаҳои гуногун ба маркази шаҳр ба сифати тағйирёбандаҳои бевосита дида баромада мешавад. Навишти модел чунин аст:

$$V = -14,97 - 0,66P - 1,07T + 1,48Y + 115D \quad (14)$$

$$R^2 = 0,68$$

$$F(4, 269) = 146,08$$

ки ин ҷо

$V$  – вобастагии тағйирёбанда;

$P$  – арзиши пардохт барои хизматҳои нақлиётӣ;

$T$  – қимати миёнаи дарозии интиқол;

$Y$  – даромади миёнаи солони дар Бостон.

Дар ин модел як тағйирёбандаи виртуалӣ барои ҳаракати нақлиётӣ дар соатҳои “пик” амалишаванда ворид карда шудааст. Коэффитсиентҳои ҳассосияти мусофиронро ба тағйирёбии дарозии сафар назар ба тағйирёбии арзиши он ошкор карданд. Барои таҳлили воситаи нақлиёти захиравӣ (нақлиёти ҷамъиятӣ) муодилаи зерин ҳисоб карда шудааст:

$$V = 2,29 - 0,0276P - 0,081T \quad (15)$$

$$R^2 = 13\%$$

$$F(2, 271) = 22,09$$

ки ин ҷо  $V$  – таносуби интиқол бо нақлиёти шахсӣ ба нақлиёти ҷамъиятӣ;  $P$  ва  $T$  – таносуби арзиши интиқол ва дарозии сафар.

Таҳлил дар ин ҳолат инчунин ҳассосиятро ба вақти сафар назар ба ҳассосият нисбат ба тағйирёбии арзиши он ва афзоиши нархи бензин, таваққуфҳо ва монанди инҳо ошкор намуд, ки ба камшавии теъдоди ҳаракат намеоварад.

Ҷам ва Чим соли 1991 таъсири масофаи интиқол ба ҳаҷми интиқолро дар автобус омўхтанд. Тадқиқоти онҳо аз ҷониби Ассоциатсияи Нақлиёти Ҷамъиятии Амрико нашр гардид.

Натиҷаи онҳо дар ҷадвали 2 оварда шудааст. Чандирии ҳисоб кардашуда дар банақшагирӣ ва моделсозии интиқол дар Амрикои Шимолӣ критерияи қабули қарорҳо аст. Солҳои 80-уми асри гузашта тадқиқоти системаи амалисозии нақлиёт дар панҷоҳу ду иёлотҳои Амрико гузаронида шуд. Коэффитсиентҳои бадастомада натиҷаҳои кўтоҳмуддатро инъикос мекунад ва ба он давра асоснок гардидаанд, ки қисми зиёди ҷамъият ба нақлиёти ҷамъиятӣ таъя мебарояд.

Натиҷаҳои бадастовардаи модели Фам ва Чим

Номгӯии натиҷаҳо	Шаҳрҳои калон (>1 млн. нафар)	Шаҳрҳои хурд (<1 млн. нафар)
Қимати миёнаи ҳамаи вақтҳо	-0,36	-0,43
Сафар дар соати "пик"	-0,18	-0,27
Вақти набудани тамбашавӣ	-0,39	-0,46
Қимати миёнаи вақти набудани тамбашавӣ	-0,42	
Қимати миёнаи соати "пик"	-0,23	

Гудвин дар кори илмии худ [7] пас аз тадқиқоти ҷиддии байналхалқӣ чандирии нархии нақлиётро дар намуди ҷадвали 3 пешниҳод кард. Модел афзоиши таъсири нархи ба ҷараёни вақт тасдиқ кард, зеро муштарӣён бо доштани вариантҳои зиёди афзоиши даромад нақлиёти шахсӣ меҳаранд.

Ҷадвали 3.

Натиҷаҳои бадастовардаи модели Гудвин

Номгӯии натиҷаҳо	кӯтоҳмуддат	дарозмуддат	номаълум
Талабот ба автобус чун функсия аз арзиш	-0,28	-0,55	-
Талабот ба нақлиёти роҳи оҳан чун функсия арзиш	-0,65	-1,08	-
Нақлиёти ҷамъиятӣ чун функсия аз арзиши бензин	-	-	0,34
Воситаи нақлиёти шахсӣ чун функсия аз хароҷот барои нақлиёти ҷамъиятӣ	-	-	0,1-0,3
Хароҷоти бензин чун функсия аз арзиш	-0,27	-0,71	-0,53
Сатҳи тамбашавии роҳ чун функсия аз арзиши бензин	-0,16	-0,33	-

Даргей ва Ханли дар рисолаи худ [5] соли 2002 барои баҳодиҳии қимати чандирӣ таъсири тағйирёбии арзиши пардохт ба хизматҳои нақлиётро дар автобусҳои Англия барои якчанд сол тадқиқ намуданд.

Барои ин модели динамикии иқтисодии муштарӣёни хизмати автобусӣ, даромади миёнаи солна, арзиши хизмати нақлиётӣ дар автобусҳо ва сифати хизмат истифода шуд.

Натиҷаи ҳисоб аз рӯи модел ҳассосияти нокифояи сатҳи талабот ба афзоиши арзиш (-0,4 дар вақти кӯтоҳ ва -0,7 дар вақти тӯлонӣ)-ро муайян намуд, ки арзиш баланд, талабот ба нарх ҳассос мешавад (яъне агар фоизи афзоиши арзиш зиёд гардад, пас қимати ададии чандирии талабот хеле меафзояд).

Чандирии хизмати автобусҳо дар намуди функсия аз хароҷоти амалиётӣ дар давраи кӯтоҳ нокифоя, вале дар давраи тӯлонӣ то 0,3-0,4 меафзояд. Чандирии воситаи нақлиёти шахсӣ дар вақти тӯлонӣ дар намуди функсия аз арзиши пардохти нақлиёт ба 0,4, чандирии истифодаи воситаи нақлиёт дар намуди функсия аз арзиши пардохт барои нақлиёт ба 0,3 баробар аст.

Натиҷаи ҳисоби Даргей ва Ханли дар ҷадвали 4 оварда шудааст.

Ҷадвали 4.

Натиҷаҳои модели Даргей ва Ханли

Намуди чандирӣ	Кӯтоҳмуддат	Дарозмуддат
Беруназшаҳрӣ	0,2 – 0,3	0,8 – 1
Шаҳрӣ	0,2 – 0,3	0,4 – 0,6

Дар тадқиқоти дигар [5] муаллифон чандирии интиқолро дар Фаронса ва Англия дар давраи солҳои 1975-1995 муқоиса намуданд.

Тадқиқот афзоиши шумораи мусофиронро бо даромадноқӣ ва арзиш муайян кард, инчунин мутаносибан бо камшавии масофа он паст мешавад. Тадқиқот инчунин камшавии чандирии хизматҳои нақлиётро дар ин давра ошкор кард.

Натиҷаҳои ин тадқиқот дар ҷадвали 5 оварда шудааст.

Ҷадвали 5.

Натиҷаҳои модели Даргей ва Ханли

Чандирии тағйирёбанда		Англия		Фаронса	
		Логарифмаи дутарафа	Нимлогарифм	Логарифмаи дутарафа	Нимлогарифм
Даромадноқӣ	Кӯтоҳмуддат	-0,67	-0,69	-0,05	-0,04
	Дарозмуддат	-0,9	-0,95	-0,09	-0,07
Арзиш	Кӯтоҳмуддат	-0,51	-0,54	-0,32	-0,03
	Дарозмуддат	-0,69	-0,75	-0,61	-0,59

Чандирии тағйирёбанда		Англия		Фаронса	
		Логарифмаи дутарафа	Нимлогарифм	Логарифмаи дутарафа	Нимлогарифм
Масофа	Кӯтоҳмуддат	0,57	0,54	0,29	0,29
	Дарозмуддат	0,77	0,74	0,57	0,57
Рушди солонаи арзиши чандир		1,59%		0,66%	

Дар функцияи логарифмаи дутарафа қимати чандирӣ дар ҳама сатҳҳо монанд аст, дар функцияи нимлогарифм бошад, қимати чандирӣ бо афзоиши арзиши пардохт баланд мешавад.

Қимати чандирии нимлогарифма ба функцияи экспоненсиалӣ асос карда шудааст.

Дар моделаш Гилен [6] ҳисоби вобаста ба чандирии арзишро барои гурӯҳи гуногуни мизоҷон ва намудҳои гуногуни интиқол хулоса намудааст. Гилен таъсири омилҳои гуногунро ба арзиши чандирии хизматҳои нақлиётӣ исбот кард.

Аз ҷадвали 6 аён аст, ки соҳибони автомобилҳо чандирии нисбатан баланд (-0,41)-ро нисбат ба оне ки кӣ аз нақлиёти ҷамъиятӣ вобаста аст (чандирии арзиш -0,1), доранд.

Сафарҳои корӣ назар ба сафарҳои маданӣ-маишӣ камтар ҳассосанд [6].

Ҷадвали 6.

Натиҷаҳои модели Гилен

Омил	Чандирӣ
Арзиши интиқол	-0,33 – -0,22
Мусофирони то 16-сола	-0,32
Мусофирони аз 17 то 64-сола	-0,22
Мусофирони аз 64-сола боло	-0,14
Одамон бо даромаднокии <5000\$	-0,19
Одамон бо даромаднокии >15000\$	-0,28
Одамон бо автомобилҳои шахсӣ	-0,41
Одамон бе автомобилҳои шахсӣ	-0,1
Сафарҳои корӣ	-0,19 – -0,1
Сафарҳо бо мақсади харидкунӣ	-0,49 – -0,32
Сафарҳо бе ҳолати тамбашавии нақлиёт	-0,84 – -0,11
Сафарҳо дар соати “пик”	-0,32 – -0,04
Сафар <1 мил	-0,55
Сафар >3 мил	-0,29

Дар модели худ Люк ва Хэпберн чандирии талаботро ба хизматҳои нақлиётӣ дар Австралия бо истифода аз тадқиқоти гуногуни милли ва хориҷӣ хулоса намудаанд. Ин маълумот дар ҷадвали 7 нишон дода шудааст.

Ҷадвали 7.

Натиҷаҳои модели Люк ва Хэпберн

Тағйирёбанда	Кӯтоҳмуддат	Дарозмуддат
Талабот ва арзиш барои автобусҳо	-0,29	-
Талабот ва арзиш ба нақлиёти роҳи оҳан	-0,35	-
Талабот ба автобус ва арзиши нақлиёти автомобилӣ нисбат ба нақлиёти роҳи оҳан	-0,39	-0,58
Хароҷот ва арзиши сӯзишворӣ ва равшанҳои молиданӣ	-0,12	-
Ҳаҷми интиқол ва арзиши сӯзишворӣ ва равшанҳои молиданӣ	-0,1	-

Дар тадқиқоти Ли [9] бо истифодаи модели афзалиятҳои собит чандирии талаботи мусофирбарӣ бо нақлиёт дар Кореяи Ҷанубӣ ҳисоб карда шудааст ва самарайи сиёсати виртуалии идораи талабот чун функция аз чандирӣ таҳлил гардидааст. Дар асоси ин ҳисоб чандирии талаботи мусофирбарӣ бо нақлиёт чун функция аз нархи сӯзишворӣ дар ҳудуди -0,078 то -0,171 муайян шудааст. Арзиши мусофирбарӣ бо воситаи нақлиёти автомобилӣ дар Кореяи Ҷанубӣ амалан ба ҳаҷми дигар намуди хизматҳои нақлиётӣ таъсир намекунад. Вокуниши соҳибони автомобилҳо ба тағйирёбии арзиши таваққуфҳо нисбат ба арзиши сӯзишворӣ назаррастар аст.

*Модели Мишел Берлайр [8].* Берлайр ду гурӯҳи муҳими моделҳои математикии талабот ба интиқолро омӯхтааст. Гурӯҳи якум – гурӯҳи моделҳои нуқтаи фирист – таъйинот, гурӯҳи дуюм бошад, гурӯҳи моделҳои “логистика” аст. Ин тадқиқот модели гравитатсионист ва модели нуқтаи фирист – таъйинот мебошад. Модел бо формулаи зерин муайян гардидааст:



$$T_{ij} = \alpha o_i d_i F(c_{ij}) \quad (16)$$

ки ин чо  $T_{ij}$  – шумораи интиқол аз нуқтаи  $i$  ба  $j$ ;  $o_i$  – тамоми интиқоли нақлиётӣ аз нуқтаи  $i$  ба  $j$ ;  $c_{ij}$  – хароҷот барои интиқоли нақлиётӣ;  $\alpha$  – доимӣ;  $F(c_{ij})$  – функсияи монеи интиқол (арзиши сафар) дар намуди зер меояд:

$$F(c_{ij}) = e^{bc} \quad (17)$$

$$F(c_{ij}) = c_{ij}^d \quad (18)$$

$$F(c_{ij}) = c_{1ij}^d e^{bc} \quad (19)$$

Параметрҳои тахминӣ  $a$  ва  $b$  мебошанд. Тадқиқот истифодаи бештари модели гравитатсиониро нисбат ба дигар моделҳои нуқтаи фирист-таъйинот исбот кардааст.

Нисбат ба параметрҳои модели гравитатсионӣ нақши бештарро сатҳи хатогиҳо ва дохилкунии қиматҳо ба формулаҳо бозӣ мекунад.

**Моделҳои Тюпас.** Тюпас модели гравитатсиониро барои тадқиқи омилҳои муҳим дар савдои байни Эстония ва дигар давлатҳои балтиқӣ ва кишварҳои Иттиҳоди Аврупо истифода мебарад. Моделҳои гравитатсионӣ истифодашаванда дар ин тадқиқот намуди зеринро дорад:

$$X_{ij} = b_0 Y_i^{b1} Y_j^{b2} N_i^{b3} N_j^{b4} D_{ij}^{b5} P_{ij}^{b6} U_i \quad (20)$$

ки ин чо  $X_{ij}$  – арзиши мусофирбарӣ аз нуқтаи фирист ба нуқтаи таъйинот;  $Y_i$  – ММД-и давлати фирист;  $Y_j$  – ММД-и давлати таъйинот;  $N_i$  – шумораи аҳолии давлати фирист;  $N_j$  – шумораи аҳолии давлати таъйинот;  $D_{ij}$  – масофаи байни давлатҳо;  $P_{ij}$  – тағйирёбандаҳои виртуалии муайянкунандаи таъсири хусусиятҳои минтақавӣ;  $U_i$  – маҳдудияти модел.

Ин модел дар асоси маълумоти омории соли 1997 ва усули квадрати хурдтарин ҳисоб карда шудааст. Натиҷаҳо таъсири мусбати даромадноқӣ ва аҳолиро ба сатҳи содироти ин кишвар муайян карданд.

Моделҳои гравитатсионӣ дар таҳлили талабот ба интиқол мақоми хос дошта, дар омӯзиши чунин тадқиқот омилҳои ҷудонопазир аст. Дар ин самт дигар омӯзишҳо низ ҳастанд, ки метавон омӯзиши Клодт Хеннингро қайд намуд.

**Моделҳои Клодт Хеннинг.** Дар асоси модели гравитатсионӣ Клодт Хеннингдоир ба таъсири марз ба мусофирбарӣ бо нақлиёти ҳавой тадқиқот гузаронид. Маълумоти зарурӣ аз ҷониби 17 авиаширкати олмонӣ пешниҳод шуд ва ҳисоб бо усули OLS (усули квадрати хурдтарин) амалӣ гардид. Моделҳои истифодашуда дар ин тадқиқот чунин намуд дорад:

Моделҳои якум

$$T_{ij} = C + b_1 Y_{ij} + b_2 dist_{ij} + b_3 border_{ij} + e_{ij} \quad (21)$$

ки ин чо  $T_{ij}$  – логарифмаи ҳаҷми интиқол аз нуқтаи  $i$  ба нуқтаи  $j$ ;  $Y_{ij}$  – логарифмаи рушди ММД-и нуқтаи  $i$  нисбат ба нуқтаи  $j$ ;  $dist_{ij}$  – масофа аз нуқтаи  $i$  ба нуқтаи  $j$ ;  $e_{ij}$  – маҳдудият;  $border_{ij}$  – тағйирёбандаи виртуалии баробари 1 барои иҷрои парвози дохилӣ ва баробари 0 барои иҷрои парвози байналмилалӣ.

Ҳаҷми мусофирбарӣ бо нақлиёти ҳавоии шаҳрҳои Гамбург, Мюнхен ва Франкфурти Майн ба дигар шаҳрҳои дохилӣ ва хориҷӣ ба тағйироти назарраси ҳаҷми мусофирбарӣ ҳангоми мавҷудияти марз ишора менамояд.

Моделҳои дуюм

$$T_{ij} = C + b_1 Y_{ij} + b_2 dist_{ij} + b_3 border_{ij} + d_1 DUMH + d_2 DUMM + e_{ij} \quad (22)$$

ки ин чо  $DUMH$  – тағйирёбандаи виртуалӣ бо қимати 1, агар парвоз аз фурудгоҳи Гамбург иҷро шудааст ва 0 – баръакс;  $DUMM$  – тағйирёбандаи виртуалӣ бо қимати 1, агар парвоз аз фурудгоҳи Мюнхен иҷро шудааст ва 0 – баръакс.

Моделҳои мазкур дар се ҳолат, парвозҳо аз се фурудгоҳи болозикр ба ҳамаи самтҳо (дохилӣ ва хориҷӣ) байни шаҳрҳои дохилӣ ва шаҳрҳои давлатҳои Иттиҳоди Аврупо дида баромада мешавад. Натиҷаи ҳисоб бо ин модел барои се ҳолати зикршуда аҳамияти параметрҳоро дар сатҳи 5% муайян намуд, мавҷудияти марз бошад, ҳаҷми мусофирбариро бо нақлиёти ҳавой ба 22% кам менамояд.

Ҷадвали 8.

Таҳлили моделҳои баҳодихии талабот ба хизмати нақлиётӣ дар хориҷа

Намуди тадқиқот	Тағйирёбандаҳои истифодашуда	Ҳассосияти тағйирёбандаҳои истифодашуда	Хусусияти моделҳо	Мураккабии моделҳо	Элементҳои дигар
Машел Берлайр	арзиш ва хароҷоти нақлиётӣ	миёна	чалбнамой	не	не
Тюпас	даромадноқӣ, аҳолий, ММД	бисёр, бисёр, миёна	чалбнамой, квадрати хурдтарин	не	не
Клодт Хеннинг	ММД, масофа	бисёр, бисёр	чалбнамой	не	не
Алкали	аҳолий, масофа	бисёр, бисёр	логарифмӣ, чалбнамой	ҳа	ҳа
Фишер	арзиши сафар, вақти сафар	кам, бисёр, миёна	чалбнамой	не	ҳа
Фам ва Чим	масофа	бисёр	чалбнамой	не	не
Дарги ва Ханли	арзиши сафар	агар бисёр ҳассос	чалбнамой – эконометрика	не	не
Ли ва ҳамкорони ӯ	арзиши сафар, арзиши сӯзишворӣ, арзиши таваққуфҳо	бисёр, миёна, бисёр	чалбнамой, афзалиятҳои нашршуда	не	не

**Адабиёт:**

1. Моделирование в транспортировке. Высший исследовательский институт по программированию и развитию, Тегеран. 1992.
2. Раджабов Р.К. Проблемы формирования и развития транспортной инфраструктуры – Душанбе: Ирфон 1999-185с.
3. Сангинов О.К. Проблема развития пассажирского автомобильного транспорта в горных районах Республики Таджикистан// Актуальные проблемы современной науки – М.: 2002. -С.407-409.
4. Шахбази, Каюмарс. Оценка спроса на дорожные поездки по редким направлениям. Магистерская диссертации. Тегеранский университет, 1999.
5. Dargay, Joyce, Hanly, Merk. Bus fare elasticities ESRC. Transport Studies Unit, University London 2002.
6. Gillen, David. Peak pricing strategies Transportation, Utilities, and Telecommunications: Lessons for Road pricing. Curbing Gridlock. Pp. 115-151. 1994.
7. Goodwin, Review of new demand elasticity's with special reference to short and long run effects of Price change "Journal of Transport economic". Vol, 26, 2pp1991, 155-171.
8. Henning Klodt "Bardr Effect in passenger Air taraffic kiel working pepar" Nov 1142, 2002.
9. Lee, Sungwon, Lee, Yeong Hook. "Estimating priceand service elasticities of urban transposition demond with stated preference technique: a vase in Korea". 2002.

**МАЪЛУМОТ ОИД БА МУАЛЛИФОН- СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ-AUTHORS BACKGROUND**

TJ	RU	EN
Ризой Неъматуллоҳ Мухаммад	Резаи Неъматоллаҳ Мухаммад	Rezaie Nematollah Muhammad
Номзади илмҳои иқтисодӣ	Кандидат эконоимических наук	Candidate of Economical Sciences
Маркази омили ҚИЭ	Статистический центр ИРИ	Statistical center IRI
	<a href="mailto:ne_rezaee@yahoo.com">ne_rezaee@yahoo.com</a>	
TJ	RU	EN
Юнусов Фаридун Маъруфович	Юнусов Фаридун Маъруфович	Yunusov Faridun Marufovich
Номзади илмҳои иқтисодӣ	Кандидат эконоимических наук	Candidate of Economical Sciences
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
	<a href="mailto:fariduny@mail.ru">fariduny@mail.ru</a>	
	0000-0001-5000-4905	

УДК 621.87, 39.335.4

## АНАЛИЗ КИНЕМАТИКИ ПОВОРОТА ДВУХ ГУСЕНИЧНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ С НЕЗАВИСИМЫМ ПРИВОДОМ

Султонов Х. Н.

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

**Аннотация:** В данной статье рассмотрены изменения скорости движения ходовой тележки гусеничного экскаватора, оснащенного независимым приводом бортовых передач с разных и одинаковых скоростей гусеницами одновременно в одном и разном направлении. Определение направления вращения угловой скорости тележки зависит от направления скорости забегающих гусениц, так как его направления считается главным. Проводя анализ, выявлено, что передаточное отношение ведущего колеса гусеничной ленты линейно зависит от угловой скорости тележки в пределах его изменения:  $-1,0 \leq u_{21} \leq 1,0$ .

**Ключевые слова:** ходовая тележки экскаватора, ведущее колесо бортовой передачи, гусеничная лента, угловая скорость, передаточное отношение.

## ТАҲЛИЛИ КИНЕМАТИКАИ МЕХАНИЗМИ ГАШТИ ЭКСКАВАТОРИ ТАСМАЧАРХ БО ҲАРАКАТОВАРАНДАҶОИ АЛОҶИДА, ДАР ГАРДИШҶО

Султонов Х. Н.

Дар мақолаи мазкур таъғирёбии суръати ҳаракати механизми гашти экскаватори тасмачарх, дар гардишҷо мавриди таҳлил қарор гирифтааст. Бояд кайд кард, ки тасмачархҳои экскаватор бо ҳаракатоварандаҳои алоҳидаи автономӣ муччаҳаз гардидааст, ки дар як вақт ҳам ба як самт ва самтҳои муқобил бо суръатҳои гуногун ва яқхела ҳаракат мекунад. Таҳлили таъғирёбии самтҳои чархзании чархҳои дандонадори пешбари ҳар яке аз ҳаракатоварандаҳои тасмачархҳо дар се ҳолати гардиш, тавасути суръати кунҷии онҳо дар таносуби байни онҳо пеш оварда шудааст, ки дар он самти асоси ин самти чархзании суръати чархи дандонадори пешбари тасмачархи зудгард ҳисобида шудааст. Дар натиҷа маълум карда шудааст, ки суръати кунҷии механизми гашт аз таносуби таҳвилдиҳии чархҳои дандонадори пешбарӣ лентаҳои тасмачарх вобастагии ҳаттӣ дошта дар ҳудудҳои  $-1,0 \leq u_{21} \leq 1,0$  таъғир меёбад.

Таҳлили мазкур дар гузаронидани ҳисоби максималии тавоноии зарурӣ, интиҳоби механизми кашанда бо муҳҳарики электрииқӣ ва сохти механизми гашт бо назардошти параметрҳои овардашуда ва вобастабуда зарур ҳисобида мешавад.

**Калимаҳои калидӣ:** механизми гашти экскаватор, чархи дандонадори пешбар, лентаи тасмачарх, суръати кунҷӣ, таносуби таҳвилдиҳӣ.

## ANALYSIS OF THE ROTATION KINEMATICS OF TWO TRACK ENGINES WITH AN INDEPENDENT DRIVE

Sultonov H.N.

This article discusses the changes in the speed of the undercarriage of a caterpillar excavator equipped with an independent drive of final drives from different and identical speeds of the tracks simultaneously in the same and different direction. Determination of the direction of rotation of the angular speed of the bogie depends on the direction of the speed of the running tracks, since its direction is considered to be the main one. Analyzing, it was revealed that the gear ratio of the drive wheel of the caterpillar track linearly depends on the angular speed of the bogie in the range of its change:  $-1,0 \leq u_{21} \leq 1,0$ .

**Key words:** excavator undercarriage, drive wheel, final drive, caterpillar track, angular speed, gear ratio.

### Введение

Механизм передвижения в гусеничных экскаваторах предназначен для прямолинейного передвижения машин и осуществления его поворота и разворота при выполнении технологических процессов земляных работ. Прямолинейное передвижение машины происходит за счет совместной работы механизмов привода каждой гусеницы в одном направлении, а при их работе во взаимно противоположных направлениях с одинаковыми или разными скоростями, а также при работе только одного механизма и заторможенной второй гусеницы происходит разворот или поворотное движение экскаватора.

Известно, что гусеничные машины затрачивают значительно больше мощности при выполнении поворота или разворота по сравнению с его прямолинейным движением. В этом плане в зависимости от способа поворота (разворота) и потребляемой при этом мощности большое значение имеет тип и конструкции ходового механизма, требующие глубокого изучения и анализа с выводом кинематики движения ходовой тележки двухгусеничной машины с независимым приводом.

В настоящее время выпускаемые российские экскаваторы с независимым приводом бортовых передач (рис.1), скоростью и реверсом направления движения регулируются с помощью электродвигателей постоянного тока [1]. Однако у современных ведущих зарубежных производителей аналогичных экскаваторов реверс и изменение скорости осуществляется электродвигателями, работающими на переменном токе с частотным регулированием [2].

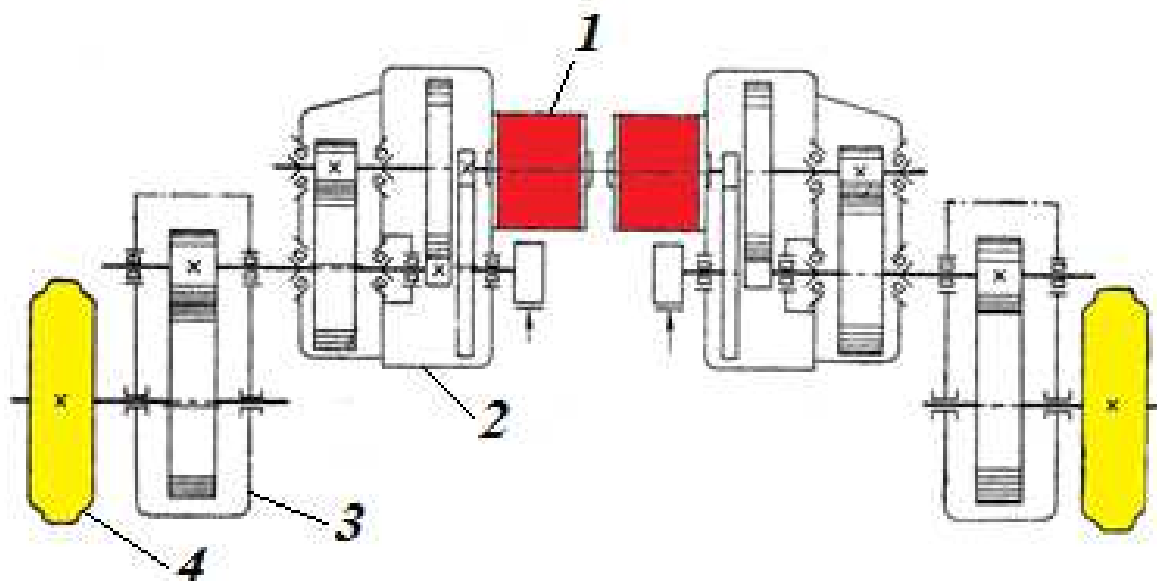


Рисунок 1. Кинематическая схема ходового механизма гусеничных движителей с независимым приводом: 1- электродвигатель постоянного тока, 2-редуктор, 3-бортовая передача, 4- ведущая звездочка

### Метод исследования кинематика движения гусеничного движителя

С целью анализа кинематики поворота вышеназванных гусеничных движителей рассмотрим три случая поворота (разворота) двухгусеничной машины. Точки поворота забегающей  $O_2$  и отстающей  $O_1$  гусеницы располагаются на прямой, которая проведена из центра поворота ходовой тележки  $O$  перпендикулярно к продольной оси машины.

В двух случаях скорость движения ходовой тележки -  $V_T$  изменяется изменением скоростей отстающей -  $V_0$  и забегающей -  $V_3$ , а в одном случае одновременно оба гусеницы с одинаковыми скоростями. Поскольку частота вращения звездочки приводов является определителем скорости движения гусениц, то значения скоростей вращения ведущей звездочки забегающей гусеничной ленты, выражая их угловыми скоростями  $\omega_1$  и  $\omega_2$  во всех случаях равны:  $\omega_2 > \omega_1$ ;  $|\omega_2| > |-\omega_1|$ ;  $\omega_2 = -\omega_1$ .

Для всех трех случаев построим план скоростей поворота ходовой тележки двухгусеничной машины на рисунках 2, 3 и 4, соответственно.

Анализируя план скоростей, можно отметить, что при противоположном вращении ведущей звездочки независимо от их скоростей центр поворота (разворота) машины  $O$  находится в пределах его габаритов (рис. 3 и 4). А при вращении в одном направлении центр поворота располагается вдали от машины на радиусе  $R = |OO_1| + S/2$ .

где  $S$  – межосевое расстояние гусеницы ходовой тележки, м.

Используя схему плана скоростей гусеничной тележки экскаватора при повороте, определяем отношение скоростей забегающего от отстающего, выражая их через угловые скорости, определяем как:

$$\frac{V_3}{V_0} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = u_{21}, \text{ при } \omega_2 > \omega_1; \quad (1)$$

$$\frac{V_3}{V_0} = -\frac{\omega_2}{\omega_1} = u_{21}, \text{ при } |\omega_2| > |-\omega_1|; \quad (2)$$

$$\frac{V_3}{V_0} = u_{21} = -1,0, \text{ при } \omega_2 = -\omega_1; \quad (3)$$

где  $u_{21}$  – передаточное число поворота (разворота) ведущих зубчатых колес независимых приводов бортовых передач двухгусеничной ходовой тележки.

Очевидно, что при повороте гусеничной ходовой тележки частично наблюдается буксование и скольжение забегающей и отстающей гусеницы, соответственно, и поэтому, используя линейную скорость и существование названного процесса, определяем угловую скорости гусеницы по формуле [3,4]:

$$\omega = \frac{V_3 - V_0 - 2V_z}{S}, \text{ рад/с} \quad (4)$$

$$\omega = \frac{V_0 + 2V_z - V_3}{S}, \text{ рад/с} \quad \text{и} \quad -\omega = \frac{V_3 - V_0 - 2V_z}{S}, \text{ рад/с} \quad (5)$$

где  $V_z$  – это скорость точек, располагающих на продольной оси гусеницы, относительно грунта, м/с;

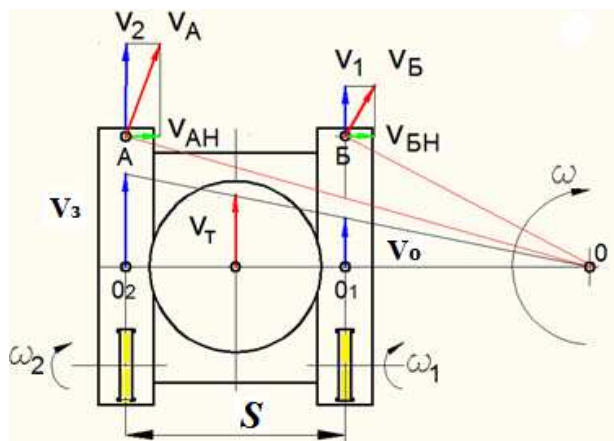


Рисунок 2. План скорости поворота гусеничной тележки при  $\omega_2 > \omega_1$

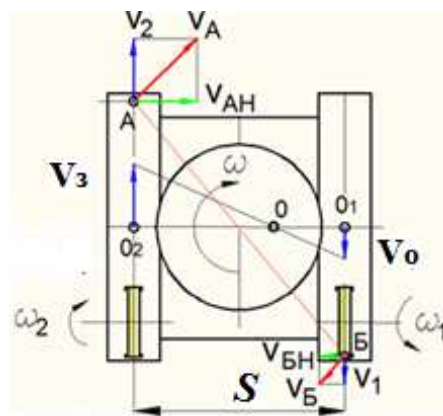


Рисунок 3. План скорости поворота гусеничной тележки при  $|\omega_2| > |\omega_1|$

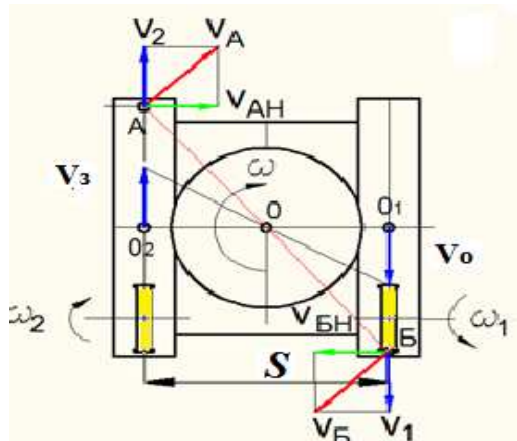


Рисунок 4. План скорости поворота гусеничной тележки при  $\omega_2 = -\omega_1$

Общая составляющая скорости точек, то есть направление скорости скольжения: для отстающей гусеничной ленты совпадает со скоростью  $-V_0$ , а для забегающей гусеничной ленты  $-V_3$  направлена противоположно к скорости её движения.

### Результаты исследования.

В первых двух случаях (рис. 2 и 3) забегающие и отстающие гусеницы имеют неодинаковую скорость, поэтому скорость буксования и скольжения будет разной по величине. В третьем рассматриваемом случае (рис. 4) с учетом расположения узлов и деталей ходовых механизмов тележки относительно центра симметрично и положения действующих внешних сил, равных по направлению и величине, то скорости в обеих гусеницах принята одинаковой.

Если пренебрегать явлением буксования и скольжения гусеничной ленты ходовой тележки, то уравнение для определения угловой скорости ходовой тележки можно записать в следующем виде:

$$\pm \omega = \frac{V_3 - V_0}{S}, \quad \text{рад/с} \quad (6)$$

Выражение (6) после алгебраического преобразования с учетом уравнений (1, 2 и 3) принимает вид:

$$\omega = V_3(u_{21} - 1)/S, \quad \text{рад/с, при } \omega_2 > \omega_1 \quad (7)$$

$$\omega = -V_3(u_{21} - 1)/S, \quad \text{рад/с, при } |\omega_2| > |\omega_1| \quad (8)$$

$$\omega = -2V_3/S, \quad \text{рад/с, при } \omega_2 = -\omega_1 \quad (9)$$

Причем направление вращения угловой скорости тележки определяется направлением скорости вращения ведущего зубчатого колеса забегающей гусеницы  $-\omega_2$ , так как его направление считается главным (см.рис.2).

Графическая интерпретация уравнения (7-9) приведена на рисунке 5.

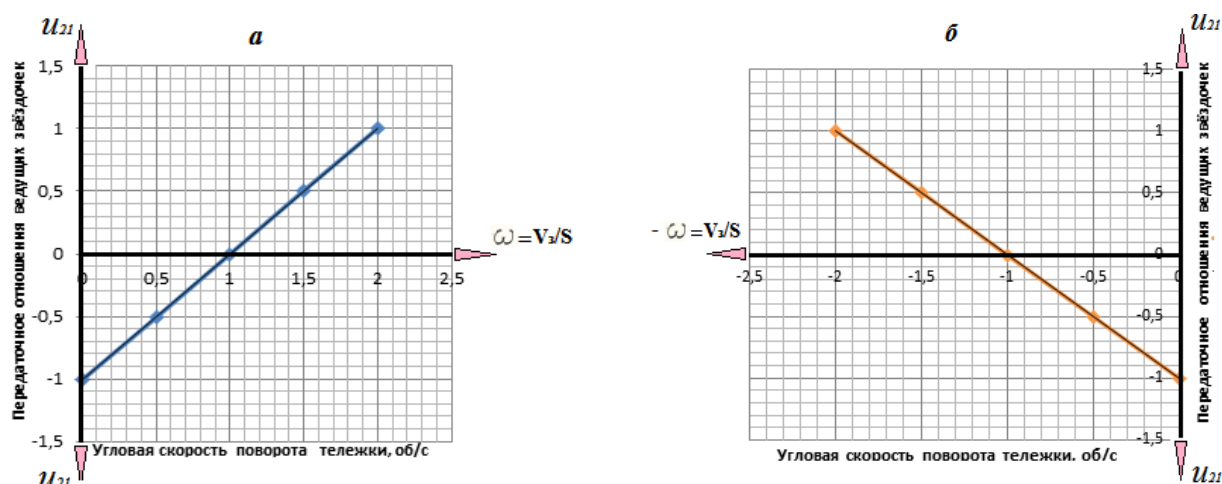


Рисунок 5 - Зависимость передаточного отношения -  $u_{21}$  ведущих зубчатых колес бортовых передач гусеничных лент от угловой скорости поворота тележки -  $\omega$  во вращении их с разными скоростями: в одном направлении – а, в противоположном направлении – б.

**Заключение:**

Анализ зависимости передаточного отношения -  $u_{21}$  ведущих зубчатых колес бортовых передач гусеничных лент от угловой скорости поворота тележки -  $\omega$  во вращении их с разными и одинаковыми скоростями в одном и противоположных направлениях свидетельствует, что:

- диапазон изменения передаточного отношения находится в пределах  $-1,0 \leq u_{21} \leq 1,0$  , а угловая скорость ходовой тележки в двухгусеничных машинах с независимым приводом линейно зависит от передаточного отношения ведущих зубчатых колес гусеничных лент;
- движение ходовой тележки в двухгусеничных машинах с независимым приводом вперед или назад осуществляется в точке с координатами « $\omega = 0, u_{21} = 0$ »;
- поворот (разворот) ходовой тележки в двухгусеничных машинах с независимым приводом направо вперед или направо назад осуществляется в точке с координатами « $\omega = 1, u_{21} = 0$ »;
- поворот (разворот) ходовой тележки в двухгусеничных машинах с независимым приводом налево назад или налево вперед осуществляется в точке с координатами « $\omega = -1, u_{21} = 0$ ».

Таким образом, представленный анализ позволит целесообразно произвести расчет необходимой максимальной потребляемой мощности, выбор конкретного механизма тяги с электродвигателем, а также конструкции ходового механизма с учетом вышеперечисленных параметров и зависимостей.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. М.И. Щадова и др. Справочник механика открытых работ. Экскавационно-транспортные машины циклического действия / Под редакцией М.И. Щадова , Р.Ю. Подэрни – М.: «Недра», 1989. 680 с.: ил.
1. В.П.Свинарчук Обоснование и выбор динамических параметров рабочего оборудования карьерных экскаваторов. Автореферат канд. дисс. М. МГТУ,2012, 24с.: с ил.
2. Н.Г.Домбровский, А.Г.Маевский, И.М.Гомозов, В.М.Гилиц. Теория и расчет гусеничного движителя землярольных машин. Киев, изд-во «Техніка» 1970, 192с.
3. Х.Н.Султонов Обоснование и выбор динамических параметров однодвигательного привода ходового механизма карьерного экскаватора. Автореферат канд. дисс. М. МИСиС,2017, 21с.: с ил

**МАЪЛУМОТ ОИД БА МУАЛЛИФОН- СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ-AUTHORS BACKGROUND**

TJ	RU	EN
Султонов Хайдар Назарович	Султонов Хайдар Назарович	Sultonov Khaidar Nazarovich
Н.и.т.	к.т.н.	Candidate of technical sciences
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет им. акад. М.С.Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S.Osimi
Sultonov-1963@mail.ru		

УДК 629.1: 665.733: 665.725

## БАРТАРИЯТ ВА НОРАСОИҲОИ ИСТИФОДАИ СЌЗИШВОРИИ ГАЗӢ ДАР НАҚЛИЁТИ АВТОМОБИЛӢ

Мамадамон Абдулло

Дар мақола афзалиятҳо ва норасоҳои асосии сўзишвории автомобилӣ баррасӣ карда мешаванд. Хусусиятҳои наслҳои гуногуни таҷҳизоти газубаллонӣ баррасӣ карда мешаванд. Истифодаи гази моеъ дар автомобилҳо хароҷоти иловагиро барои насби таҷҳизот талаб менамояд ва танҳо дар сурати то 72% нархи 1 литр бензин будани нархи сўзишвории газӣ самаранок ҳисобида мешавад. Исбот гардидаст, ки муҳлати минималии маблағбаргардонӣ баъди васли ТГБ ва истифодаи гази моеъ аз меъёри базавии сарфи сўзишворӣ (бензин) ва гашти шабонарӯзии автомобил ва таносуби пасти нархи газ ба бензин вобастагии зич дорад. Калидвожаҳо: гази табиӣ, гази моеъ, экология, метан, пропан, бензин, сўзишвории дизелӣ, сўзишворӣ ва равангҳои молиданӣ.

### ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные преимущества и недостатки автомобильного топлива. Рассмотрены особенности разных поколений газового оборудования. Использование сжиженного газа в транспортных средствах требует дополнительных затрат на установку оборудования и считается эффективным только при цене 1 л бензина до 72% от цены газообразного топлива. Доказано, что минимальный срок финансирования после установки СУГ и использования сжиженного природного газа тесно связан с базовой нормой расхода топлива (бензина) и суточной оборачиваемостью транспортных средств и низким соотношением цены газа к бензину.

Ключевые слова: природный газ, сжиженный нефтяной газ, экология, метан, пропан, бензин, дизельное топливо, горюче-смазочные материалы.

### ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF USING GASEOUS FUELS IN MOTOR VEHICLES

The article discusses the main advantages and disadvantages of automotive fuel. Features of different generations of gas-fired equipment are considered. The use of liquefied gas in vehicles requires additional costs for the installation of equipment and is considered effective only if the price of 1 liter of gasoline is up to 72% of the price of gaseous fuel. It has been proved that the minimum financing period after the installation of the LPG and the use of liquefied natural gas is closely related to the base rate of fuel consumption (gasoline) and the daily turnover of vehicles and the low ratio of gas prices to gasoline. Keywords: natural gas, liquefied petroleum gas, ecology, methane, propane, gasoline, diesel fuel, fuels and lubricants.

### Муқаддима

Мушкилотҳои асосии фаъолияти нақлиёти автомобилӣ, ин кам кардани хароҷоти сўзишворӣ паст кардани раванди ифлосшавии муҳити зист мебошанд. Яке аз манбаҳои асосии ифлосшавии муҳити зист, муҳаррикҳои дарунсўзи автомобилӣ мебошанд, ки бо сўзишвории нафтӣ кор мекунанд. Яке аз роҳҳои кам кардани таъсири манфӣ ба муҳити зист, ин истифода аз сўзишвории алтернативӣ мебошад.

Барои таҳлили норасоӣ ва бартариҳои намудҳои гуногуни сўзишворӣ барои истифодабарӣ дар нақлиёти автомобилӣ пеш аз ҳама бояд ба тарзи истифодаи онҳо дар муҳаррикҳои дарунсўзи автомобилӣ ва нишондиҳандаҳои самаранокии он равшанӣ андозем.

Самаранокии муҳаррик аз рӯи нишондиҳандаҳои асосии зерин баҳо дода мешавад:

- тавоноӣ;
- моменти гардиш;
- сарфи хоси сўзишворӣ.

**Тавоноӣ** – параметри асосии самаранокии муҳаррик мебошад. Тавоноии муҳаррик дар вақти тарҳрезӣ ҳисоб карда шуда, дар вақти озмоишҳои амалӣ муайян карда мешавад. Ченаки тавоноӣ асосан Вт (Ватт - Watt) мебошад. Азбаски тавоноии муҳаррикҳои дарунсўзи нақлиётӣ аз 1000 Вт зиёд аст, дар адабиёти техникӣ ва дастурҳо ченаки кВт (1 киловатт = 1000 Вт) истифода бурда мешавад. Инчунин, барои муҳаррикҳои дарунсўз ченаки дигари тавоноӣ – қувваи асп (қ.а. – л.с. – hp - ps) васеъ истифода бурда мешавад. Тавоноии муҳаррик барои гардиши муайяни зонунавард нишон дода мешавад (ба англисӣ kW/rpm). Масалан, тавоноии муҳаррики Opel VectraC ҳангоми 6300 гард./дақиқа будани зудии гардиши зонунавард ба 140 қ.а. (103 кВт) баробар мебошад.

**Моменти гардиши муҳаррик** – ин ҳосили зарби қувваи тобдиҳандаи ба тири гарданаи шатунӣ зонунавард ростоянда ба радиуси кривошип (масофаи байни тири гарданаи асосӣ ва шатунӣ) мебошад. Моменти гардиш дар гардишҳои миёнаи зонунавард зиёд буда, бо зиёдшавии гардиш кам мешавад. Моменти гардиши муҳаррик хусусияти кашишии онро тавсиф медиҳад. Масалан, агар тавоноии муҳаррики Opel Vectra C (Z18XER) ҳангоми 6300 гард./дақиқа будани зудии гардиши зонунавард ба 140 қ.а. (103 кВт) баробар бошад, моменти максималии гардиши муҳаррик ба 175 Н\*м (18 кг\*м) танҳо дар ҳудуди 3500-3800 гард./дақиқа будани зудии гардиши зонунавард ба даст меояд.

**Сарфи хоси сӯзишворӣ** ин таносуби сарфи сӯзишворӣ ба воҳиди вақт ба тавоноӣ мебошад. Муҳаррики бензинӣ танҳо 20-35% энергияи сӯзишвориро ба кори фойданок табдил медиҳад ва нисбат ба муҳаррики дизелӣ сарфи хоси баланди сӯзишворӣ дорад (327-256 г/(кВт · соат)).

Чадвали 1.

Нишондиҳандаҳои самаранокии муҳаррикҳои дарунсӯзи автомобилӣ [1, 2, 3, 4]

Навъи муҳаррик	ККФ- механикӣ, $\eta_m$	ККФ- самаранок, $\eta_e$	Сарфи хоси сӯзишворӣ $g_e$ , г/(кВт·соат)	Тавоноии литравӣ $N_L$ (кВт /л)	Дарачаи фишориш $\varepsilon$
Афрӯзиши маҷбурӣ (бензинӣ ё газӣ)					
-бе дамкунӣ					6,5-11
карбюраторӣ	0,75-0,82	0,25-0,30	310-230	20-50	
инжекторӣ	0,75-0,85	0,28-0,35	290-200	30-60	
-бо дамкунӣ	0,85-0,92	0,30-0,39	327-256	70-80	
Дизелҳои чортакта					
-бе дамкунӣ	0,70-0,82	0,35-0,42	235-202	12-20	16-22
-бо дамкунӣ	0,78-0,88	0,38-0,45	223-114	16-50	

Самаранокии муҳаррики дизелӣ 30-40%, дизелҳои турбогенераторӣ (бо дамкунӣ) аз 50% мебошад, бинобар ин сарфи хоси сӯзишворӣ тақрибан дар ҳудуди 235-114 г/(кВт·соат) қарор дорад, ки аз сарфи хоси сӯзишворӣ дар муҳаррики бензинӣ то 2 баробар камтар аст.

Яъне барои иҷрои кори яхела муҳаррики бензинӣ (газӣ) вобаста аз мукаммалии муҳаррикони то 2 маротиба бисёртар сӯзишворӣ сарф менамояд.

Одатан хароҷоти сӯзишвориро дар нақлиёти автомобилӣ бо литр ба 100 км ҳисоб мекунад.

Тавоноӣ ҳангоми гардиши баланди зонаварди муҳаррик ба нишондиҳандаҳои суръати автомобил таъсири мусбат мерасонад. Барои автомобилҳои сабукрав нисбат ба қобилияти кашишии баланд нишондиҳандаҳои суръати он афзалият дорад. Аз ҳамин сабаб, аксарияти автомобилҳои сабукрав бо муҳаррики бензинӣ кор мекунад. Мавриди зикр аст, ки автомобилҳои боркаш ва автобусҳо ба қобилияти кашишии баланд ниёз дорад ва асосан бо муҳаррики дизелӣ кор мекунад.

### Омилҳои ба хароҷоти сӯзишворӣ таъсиркунанда

Дар баробари ин, хароҷоти сӯзишворӣ аз мукамал будани системаи ғизодиҳии (питания) муҳаррик, ки барои нигоҳ доштани сӯзишворӣ, тайёр намудани омехтаи сӯзишвории сифати муайн ва ба цилиндр додани он (муҳаррикҳои бензинӣ ва газӣ) ё пош додани ҳиссаи муайяни сӯзишворӣ ба дохили цилиндр (муҳаррикҳои бензинӣ ва дизелӣ) хизмат менамояд, вобастагии зич дорад.

Системаи ғизодиҳии муҳаррики Отто (бензинӣ ё газӣ) аз баки сӯзишворӣ, қубурҳо, софкунаки сӯзишворӣ, ҳавософкунак, насоси сӯзишворӣ, карбюратор ё пошдиҳаки (инжектор) барқӣ идорашаванда ва ғайра иборат аст.

Дар муҳаррикҳои дизелии пештара ба ҷойи карбюратор ё пошдиҳаки (инжектор) барқӣ идорашаванда, насоси сӯзишвории фишораш баланд ва пошдиҳаки (форсунка) гидравликий идорашаванда истифода мешуд. Дар муҳаррикҳои дизелии муосир бошад, системаи Common Rail, ки пошдиҳаки (инжектор) барқӣ идорашаванда дорад, истифода бурда мешавад.

Системаи ғизодиҳии газубаллонӣ аз зарф (баллон) барои нигоҳдории газ, бухоркунаки газ, редуктори газ, инжектори газ ва ғайра иборат аст. Чунин система ба насос эҳтиёҷ надорад, чунки газ дар баллон таҳти фишори баланд қарор гирифта, барои паст кардани фишори он редуктори газӣ ва бухоркунаки газ (ҳангоми тез паст шудани фишори газ, ҳарорати он низ паст мешавад) истифода бурда мешавад.

Дар баробари ин, нақши муҳимро намуди сӯзишвории истифодашаванда низ бозӣ мекунад.

Дар чадвали 2 баъзе хосиятҳои сӯзишвории автомобилӣ оварда шудааст.

### Истифодаи газ дар нақлиёти автомобилӣ

Ададҳои октанӣ ва сетанӣ бо ҳамдигар ҳатти алоқаманданд, яъне бо зиёд шудани адади октанӣ адади сетанӣ кам мешавад. Формулаи эмперикӣ барои муайян кардани алоқамандии рақамҳои октанӣ ва сетанӣ

$$AC=60-AO/2$$

Адади октании газҳои дар нақлиёти автомобилӣ истифодашаванда дар ҳудуди 95-130 қарор дорад ва дар сурати истифода дар муҳаррики махсусгардонидашуда самаранок мебошад. Вобаста ба сӯзишвории газӣ бояд қайд намуд, ки гармии камтарини сӯзиши газҳои дар нақлиёти автомобилӣ истифодашаванда



(гази моеъ – омехтаи пропану бутан, гази табиӣ – метан) аз бензин ва сӯзишвориҳои дизелӣ 5-13% зиёдтар аст.

Ҷадвали 2.

Нишондиҳандаҳои сӯзишворӣ барои муҳаррикҳои дарунсӯз [5]

Нишондиҳанда	Бензин	Сӯзишвории дизелӣ	Метанол	Этанол	Гази моеъ	Гази табиӣ	
	АИ-93	Л, Д	СН <sub>3</sub> ОН	С <sub>2</sub> Н <sub>5</sub> ОН	С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub> + С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub>	СН <sub>4</sub> бо омехтаи ночизи газҳои дигар	
Ҳолати агрегатӣ	Моеъ	моеъ	моеъ	моеъ	газӣ	газӣ	моеъ
Зичӣ, кг/см <sup>3</sup>	710-760	810-870	795	790	542	0,71	420
Гармии пасттарини сӯзиш <sup>1</sup> , МҶ/кг	41-44	42-43	19,98	26,9	45-46	48,94-50,15	
Ҳарорати сӯзиш, К	2336	2289	2185	2235	2149	2065	
Адади октанӣ <sup>2</sup> (АО) (таҳқиқӣ)	66-85	-	88-94	92	90-94	100-115	
Адади сетанӣ <sup>3</sup> (АС)	8-14	45-55	3	8	18-22	-	
Миқдори стехиометрии ҳаво барои пурра сӯхтани сӯзишворӣ, кг/кг	14,96	14,92	6,51	9,06	15,2	16,8-17,4	

Аз сабаби баланд будани адади октанӣ дар муҳаррикҳои дизелӣ истифодаи бевоситаи сӯзишвории газӣ ғайриимкон аст. Дар муҳаррики дизелӣ сӯзишвории газиро танҳо бо усули газодизелӣ (Dual Fuel 15-60% сӯзишвории дизелӣ ва 85-40% газ) истифода бурдан имконпазир аст. Дар даврони собиқ Иттиҳоди Шӯравӣ автомобили боркаши КамАЗ-53208 истеҳсол мешуд, ки бо чунин усул кор мекард. Солҳои 80-уми асри гузашта дар шаҳри Душанбе автобусҳои шаҳрии Икарус бо васли таҷҳизоти газубаллонӣ ба усули газодизелӣ гузаронида шуда буданд.



Озмоиши автобуси Икарус бо гази табиӣ (метан) дар шароити иқлими гарм (солҳои 80, асри 20 дар шаҳри Душанбе) [6].

Автобуси Икарус-260, дар истгоҳи Сирк, кӯчаи Н.Қарабоев, соли 1986 [7]

Расмҳои 1 ва 2. Автобусҳои шаҳрии Икарус бо васли таҷҳизоти газубаллонӣ, ки бо ба усули газодизелӣ кор мекарданд.

Айни замон низ ин усул маъмул буда, аз ҷумла дар автомобили КамАЗ-5490NEO (КПГ) бо таносуби 60/40 (сӯзишвории дизелӣ/гази табиӣ) истифода бурда мешавад. Усули зикршуда аз таносуби нархи сӯзишвории дизелӣ ва гази табиӣ вобаста буда, дар техникаи кишоварзӣ ва тепловозҳо низ аз он васеъ истифода мебаранд.

Гарчанде, адади октании газ ва гармии сӯзиши он аз бензин хеле баландтар аст ва тибқи назария ҳангоми сӯхтани он бояд тавоноии зиёдтар ҳосил шавад, дар асл массаи газе, ки ба силиндри муҳаррик

<sup>1</sup> Гармии пасттарини сӯзиши ҷисми корӣ гармие мебошад, ки ҳангоми сӯзиши пурраи 1 кг сӯзишворӣ ҷудо карда мешавад, ба истиснои гармии барои бухоршавии намии дар сӯзишворӣ мавҷудбуда ва намии аз сӯзиши гидроген ҳосилшуда.

<sup>2</sup> Адади октанӣ одатан барои тавсифи бензин ва сӯзишвории газӣ истифода бурда шуда, хосиятҳои зиддидетонатсионии сӯзишвориро тавсиф мекунад ва ҳамчун меъёри муқаррар намудани ҳудуди баландтарини дараҷаи фишориш (степень сжатия) хизмат мекунад. Чӣ қадаре, ки рақами октании сӯзишворӣ баланд бошад, ҳамин қадари дигар он ба детонатсия тобовар мебошад. Ин имкон медиҳад, ки дараҷаи фишориши муҳаррикҳо баландтар бардорем ва мувофиқан тавоноӣю сарфакориҳои он баланд бардошта шавад.

<sup>3</sup> Адади сетанӣ одатан барои тавсифи сӯзишвории дизелӣ истифода шуда, дараҷаи худдаргирии сӯзишвориро нишон медиҳад. Ҳар қадар паст бошад, дараҷаи худдаргирии сӯзишворӣ низ паст мегардад.

ворид мешавад, нисбат ба массаи бензин хеле кам аст. Аз ҳамин сабаб, тавоноии зарурӣ ҳосил намешавад.

Дар баробари ин, бояд қайд намуд, ки дар ҷумҳури автомобилҳои дорои муҳаррикҳое, ки махсус барои бо газ кор кардан истифода шуда бошанд, хеле кам ба назар мерасанд. Аксарияти автомобилҳои бо газ коркунанда тавассути тағйири сохти системаи ғизодӣ ва васли таҷҳизоти газубаллонӣ кор мекунад. Барои ба кор даровардани муҳаррикҳои чунин автомобилҳо аввал бензинро истифода бурдан лозим аст.

Таҳлили тадқиқоти Глен ТОРРЕН (Glenn TORRENS) [8], ки тавассути автомобили Toyota Hilux барои се намуди сӯзишворӣ (бензин, сӯзишвории дизелӣ ва гази моеъ) бо ядакҳои гуногун гузаронидааст, нишон медиҳад, ки таносуби ин се навъи сӯзишворӣ ба 1:0,68:1,32 баробар аст. Дар аксари ҳуҷҷатҳои меъёрӣ таносуби хароҷоти газ нисбат ба бензин ба 1,3, яъне ба нишондиҳандаи тадқиқоти болозикр баробар аст.

Тибқи таҳлилҳо барои автомобилҳое, ки бо гази моеъ кор мекунад, таносуби харҷи сӯзишворӣ ба ҳаҷми 1 литр бензин ба 1,22 <sup>+/- 0.10</sup> литр гази моеъ (вобаста ба таносуби омехтаи пропану бутан ва мукамал будани системаи газубаллонӣ) мувофиқат мекунад. Ҳангоми насб кардани наслҳои пешини ТГБ, талафоти тавоноӣ ҳадди аксар ба 15-25% аст. Аммо дар сурати истифодаи насли нави ТГБ (аз 4 боло), талафоти тавоноӣ 5-10% -ро ташкил медиҳад, ки камтар аз талафоти хизматрасонии нодурусти техникӣ (филтри ифлосшудаи сӯзишворӣ) ё истифодаи сӯзишвории пастсифат мебошад.

Чадвали 3.

Таносуби харҷи сӯзишворӣ ба ҳаҷми 1 литр (ба ҳисоби миёна)

Сӯзишворӣ	Бензин	Сӯзишвории дизелӣ	Гази моеъ
Бензин	1	0,85	1,22
Сӯзишвории дизелӣ	1,15	1	1,5
Газ	0,8	0,7	1

Айни замон арзиши васли таҷҳизоти газубаллонӣ (ТГБ) ба ҳисоби миёна 3-6 ҳазор сомониро ташкил медиҳад. Ашуелов А.С. ва дигарон [9] қайд мекунад, ки нархи гузаштан ба сӯзишвории газӣ аз намуни муҳаррик ва миқдори цилиндрҳои он вобаста аст. Дар баробари ин чунин тағйирот ба сохти конструксияи автомобил бояд дар мақомоти Бозрасии давлатии автомобилӣ ба қайд гирифта шавад (дар шиносномаи техникӣ) ва ронанда дорои ҳуҷҷати малакаи кор бо таҷҳизоти газӣ бошад. Бояд дарк намуд, ки автомобил баъди васли ТГБ бо ду сӯзишворӣ бояд кор кунад. ворид карда шавад.

Газҳои табиӣ (КПГ) бо устуворияти баланди детонатсия ва гармии сӯзиш фарқ мекунад ва одатан аз 85-95% метан ва миқдори ками газҳои дигар, аз ҷумла этан, пропан, бутан ва нитроген иборат аст [10].

Гази табиӣ, ки асосан аз метан  $CH_4$  (аз 82% то 98% бо омехтаи хурди этан  $C_2H_6$  (то 6%), пропан  $C_3H_8$  (то 1,5%) ва бутан  $C_4H_{10}$  (то 1,0%) иборат аст, бо хосиятҳои физикӣ-кимиёвӣ ба аксари талаботҳо ба сӯзишвории автомобилӣ мувофиқ аст [11].

Гази моеъ (LPG) яке аз сӯзишвории алтернативии васеъ истифодашаванда мебошад. LPG нисбатан тоза, бе дуд ва хокистар сӯхта мешавад. Ҳамин тариқ, нисбат ба сӯзишвории дизелӣ, гази моеъ ҳангоми сӯзиш 90% камтар оксиди нитроген ва 60% камтар гази карбон тавлид мекунад. Самаранокии кори ин гуна двигател ба таҷҳизоти дар мошин гузошташуда вобаста аст [12].

Аммо дар сурати аз сӯзишвории моеъ ба сӯзишвории газӣ бидуни тағйироти махсуси конструксия гузаштан иқтидори муҳаррики дарунсӯз ба 18 — 19 фоиз кам ва сарфи миёнаи хароҷоти сӯзишворӣ 10 — 11 фоиз меафзояд [13, 14].

Бартарият ва норасоӣҳои истифодаи сӯзишвории газӣ дар нақлиёти автомобилӣ дар расм оварда шудаанд [11].



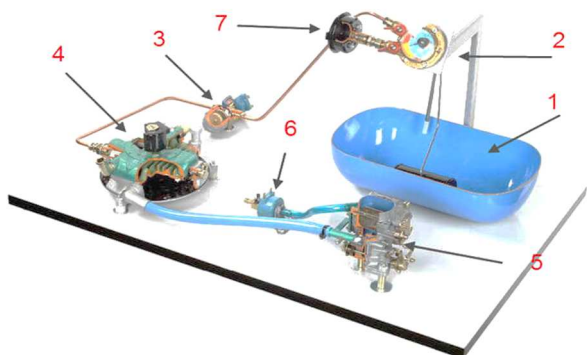
Расми 1. Бартарият ва норасоӣҳои истифодаи сӯзишвории газӣ дар нақлиёти автомобилӣ

### Таҷҳизоти газубаллонӣ

Яке аз усулҳои имконпазири арзёбии беҳатарии таҷҳизоти газубаллонӣ (ТГБ) ин хусусиятҳо ва ҳолати техникий таҷҳизоти технологияи истифодашаванда мебошад. Мусаллам аст, ки таҷҳизоти газубаллонӣ доимо дар раванди такмил қарор дорад. Аини замон шаш насли чунин таҷҳизот маҷуд аст [15] [11].

Насли аввали ТГБ соддатарин буда, истифодаи он дар аксари давлатҳо манъ гардидаст. Он аз зарфи нигоҳдории газ, редуктори газ, миксер барои ҳаво ва газ, инчунин абзори ивази сӯзишворӣ (газ ё бензин) иборат аст. Онро пештар танҳо дар автомобилҳои карбюраторӣ ва моно-инжекторӣ насб мекарданд.

Насли дуюм. Насли кӯҳнашуда, ки брои автомобилҳои истеҳсоли асри 21 чандон мувофиқ нест. Система аз зарфи нигоҳдории газ, редуктори электрикӣ, дозатор (электронӣ) ва сенсори миқдори оксиген – ламбдазонд иборат аст. Дозатори он саҳеҳияти баланди надорад, бинобар ин ҳангоми кори муҳаррик ноустуворӣ ҳис мегардад. Танҳо барои муҳаррикҳои инжекторӣ мувофиқ аст.



Расми 2. Сохти насли якуми ТГБ [15]:

1 — зарфи газ, 2 — мултиклапан, 3 — клапани газ, 4 — редуктор-буғунак, 5 — миксер, 6 — клапани бензин, 7 — воситаи бо газ пуркунӣ



Расми 3. Насли дуюми ТГБ [15]

Насли сеюм. Онро одатан дар автомобилҳое, ки аз Европа оварда шудаанд, мушоҳида кардан мумкин аст. Система ҳамзамонияти (синхронии) пошдиҳии газро бо истифода аз блоки идоракунии компютерӣ таъмин мекунад. Дозатор ҳаҷми газро бо истифода аз форсункаҳо дар асоси маълумоти сенсорҳои гуногун танзим мекунад (вале на ҳамеша дуруст). Форсункаҳо ҳангоми баланд шудани фишори газ кушода мешаванд.

Насли чорум ин навъи маъмултарини системаҳои ТГБ мебошад. Он дорои системаи пошдиҳии тақсимшудаи газӣ мебошад. Барои аксарияти муҳаррикҳои бензинӣ мувофиқ аст. Таъмини муҳаррик бо сӯзишворӣ хеле дақиқ қор мекунад, яъне шумо метавонед, ҳангоми кори муҳаррик, намуди сӯзишвориро аз газ ба бензин ва баръакс иваз кунед.



Расми 4. Насли сеюми ТГБ [15]



Расми 5. Насли чоруми ТГБ [15]

Насли чоруми плюс. Ин система барои муҳаррикҳое, ки сӯзишворӣ бевосита ба цилиндр пош дода мешавад, пешбинӣ шудааст. Он дар муқоиса бо ТГБ 4 принципи дигари қор дорад. Дар ин ҷо блоки электроники идоракунии метавонад ҳамзамон ҳам инжекторҳои газ ва ҳам бензинро идора кунад. Дар натиҷа сӯзишворӣ бо таносуби: 80 фоиз газ ва 20 фоиз бензин дода мешавад.

Насли панҷум одатан назар ба насли чоруми ТГБ аз ду маротиба зиёдтар арзиш дорад. Аз ҳамин сабаб маъмул нест. Дар чунин система газ дар ҳолати моеъ ба муҳаррик дода мешавад. Барои ҳамин ба сифати

газ талабот хеле баланд аст (дар акси ҳол насоси сӯзишворӣ метавонад вайрон шавад). Инчунин, конденсати ҳосилшуда метавонад кори насоси сӯзишвориро халалдор кунад, ки арзиши он хеле гарон аст. Афзалиятҳои асосии ТГБ 5: талафоти ками тавоноии муҳаррик; муҳаррик ҳатто дар сардии шадид ба кор меаорад, зеро пеш аз ворид шудан ба муҳаррики дарунсӯзи газро бухор кардан лозим нест; мембранаи редуктор 2 маротиба зиёдтар хизмат мекунад, система ба системаи электронии идоракунии муҳаррик пайваст шуда, тавассути нармафзори компютерӣ танзим карда мешавад. Дар насли панҷуми гази газ таъминоти сузишворӣ аниқ ва сарфақорона аст, вале аз сабаби тез-тез вайрон шудани насоси газ насб кардани ин гуна система аз ҷиҳати иқтисодӣ самаранок нест.

Насли шашум, ин шакли такмилёфтаи насли панҷуми ТГБ мебошад, аммо камбудии асосӣ бартараф нашоудаанд. Клапанҳои алоҳида барои бензин ва газ васл карда мешаванд. Насоси газ омехтаи гази моеъро бо фишори аз 7 то 25 бар, ба система медиҳад. Барои дар фазаи моеъ нигоҳ доштани омехтаи пропан-бутан якчанд насос лозим аст. Аз зарф (баллон) ба хати сӯзишворӣ, марҳилаи якуми фишурдашавӣ ба амал меояд. Марҳилаи навбатӣ тавассути насос дар қисмати муҳаррик давом меёбад. Барои таъмини давраи сеюми фишурдашавӣ дар назди ҳар як инжектори бензинӣ насосҳои алоҳида истифода мешаванд. Аз ин рӯ, барои ворид кардани гази моеъ клапанҳои иловагии воридшаванда истифода намешаванд, аммо система инжекторҳои бензиниро истифода мебарад. Дар насли 6-уми ТГБ зарфи сӯзишворӣ (баллон) низ шакли дигар гирифта, яқоя бо насос меояд ва номи pump inside lpg tank гирифтааст



Расми 6. Насли дуҷуми ТГБ [15]



Расми 7. Насли шашуми ТГБ [15]

Бо вуҷуди ҳамаи бартариҳои «газификация» таваҷҷӯҳи кам барои гузаштан ба сузишвории алтернативӣ сабабҳои гуногун дорад. Омили муҳимтарини боздоранда, ин масъалаи бехатарии истифодабарии автомобили бо ТГБ ҷиҳозонидашуда мебошад.

Системаи аз ҷиҳати техникӣ дуруст васлгардида, худ аз худ таркида наметавонад. Ҳамаи муассисаҳои насбкунандаи ТГБ барои ҳуқуқи машғул шудан ба ин тиҷорат аз як расмиёти сертификатсия мегузаранд. Эҳтимолияти таркиши автомобилҳое, ки бо газ кор мекунад, нисбат ба автомобилҳои бо бензин коркунанда камтар аст. Газ, ба монанди буғи бензин, танҳо дар концентратсияи муайян дар ҳаво таркиш мекунад. Буғҳои бензин метавонанд дар концентратсияи на камтар аз 1,5% ва газ танҳо дар 1,8-2,4% таркад % [16].

### Самаранокии истифодаи гази моеъ дар автомобилҳои сабукрав

Самаранокии истифодаи гази моеъ дар автомобилҳои сабукравро мавриди таҳлил қарор медиҳем. Гузаштан ба сӯзишвории газӣ хароҷоти ибтидоӣ ва муҳлати муайяно барои баргардонидани маблағи сарфшуда, аз ҳисоби истифодаи гази моеъ талаб мекунад. Танҳо баъди ҷуброн кардани хароҷоти ибтидоӣ истифодаи газ самарнок мешавад. Дар баробари ин таносуби нархи бензин ва газ нишондиҳандаи асосии самаранокии истифодаи газ ба ҳисоб меравад. Агар хароҷотро барои васли ТГБ ба назар нагирем, дар ҳолати одитарин бо назардошти истифодаи бензин барои дар ибтидо гарм кардани муҳаррик ва зиёд будани хароҷоти газ аз чунин нобаробарӣ истифода мебарем.

$$\frac{H_6 \cdot (1 - X_{ГМ})}{H_Г \cdot (1 + X_{ГГ})} > 1, \quad (1)$$

ки дар инҷо  $H_6$  – нархи бензин ( $\frac{\text{Сомонӣ}}{\text{литр}}$ ),  $H_Г$  – нархи гази моеъ ( $\frac{\text{Сомонӣ}}{\text{литр}}$ ),  $X_{ГМ}$  - хароҷоти бензин барои гармкунии муҳаррик (солона ба ҳисоби миёна 10%),  $X_{ГГ}$  - хароҷоти барзиёдии газ (22 +/- 0.10 фоиз, дар вақти ҳисоб 25% мегирем).

Дар натиҷаи ҳалли муодила ҳосил мекунем:

$$H_Г < 0,72 \cdot H_6, \quad (2)$$

Ҳалли нобаробарӣ нишон медиҳад, ки дар истифодаи гази моеъ танҳо дар сурати то 72% нархи бензин будан, аз ҷиҳати иқтисодӣ самаранок мебошад.

Муҳлати маблағбаргардониро вобаста ба гашти автомобил тавассути ҳалли нобаробарии зерин муайян менамоем.

$$H_r \cdot (1 + X_{br}) < H_b \cdot (1 - X_{gm}) - \frac{H_{TGB}}{M_c \cdot L_{mb}}, \quad (3)$$

ки дар инҷо  $H_{TGB}$  – нархи васл ва барасмиятдарории ТГБ (сомонӣ),  $L_{mb}$  – гашти минималии маблағбаргардонӣ (км),  $M_c$  – меъёри харчи бензин (л /100 км).

Дар натиҷаи ҳалли нобаробарӣ ҳосил мекунем

$$L_{mb} > \frac{100 \cdot H_{TGB}}{(H_b \cdot (1 - X_{gm}) - H_r \cdot (1 + X_{br})) \cdot M_c}. \quad (4)$$

Аз тарафи дигар  $M_c = M_b \cdot (1 + 0,01D)$ , ки дар инҷо  $M_b$  – меъёри базавии сарфи сӯзишворӣ (бензин) барои гашти автомобил, тибқи ҳуҷҷатҳои меъёрӣ (л/100 км) ва  $D$  – зариви таҳрирӣ ба меъёр вобаста ба шароити истифодабарӣ.

Қиммати  $D$  барои истифодабарии автомобилҳо дар роҳҳои истифодаи умум (категорияҳои I, II ва III) дар ноҳияҳои кӯҳӣ, аз ҷумла шаҳрҳо, шаҳракҳо ва ноҳияҳои наздишаҳрӣ дар баландии аз сатҳи баҳр барои 800 м ба 5% ва дар шаҳрҳои дорои аҳоли аз 250 ҳазор то 1 миллион нафар то 15 фоизро ташкил медиҳад. Барои шароити шаҳри Душанбе 20 фоизро интихоб менамоем.

Таносуби нархи газ ба бензинро чунин ишора мекунем

$$d = \frac{H_r}{H_b} < 0,72 \quad (5)$$

Онгоҳ (4) чунин шакл мегирад

$$L_{mb} > \frac{100 \cdot H_{TGB}}{(H_b \cdot (1 - X_{gm}) - d \cdot H_r \cdot (1 + X_{br})) \cdot M_b \cdot (1 + 0,01D)} \quad (6)$$

Агар нархи бензинро нисбатан доимӣ ҳисоб кунем, онгоҳ аз формула маълум мегардад, ки гашти минималии маблағбаргардонӣ аз ду омили асосӣ, яъне меъёри базавии сарфи сӯзишворӣ (бензин) барои гашти автомобил ( $M_b$ ) ва таносуби нархи газ ба бензин ( $d$ ) вобаста аст. Формулаи (6) барои муайян кардани вақт каме ноқулай аст, чунки гашти солонаи автомобилҳо вобаста аз самти фаъолият гуногун аст. Аз тарафи дигар

$$L_{mb} = l_{шр} \cdot 365 \cdot T_{mb} \text{ ё} \\ T_{mb} = \frac{L_{mb}}{l_{шр} \cdot 365} \quad (7)$$

ки дар инҷо  $l_{шр}$  – гашти шабонарӯзии автомобил (км),  $T_{mb}$  – минималии маблағбаргардонӣ (сол) мебошанд. Онгоҳ формулаи (6) чунин шакл мегирад

$$T_{mb} > \frac{100 \cdot H_{TGB}}{(H_b \cdot (1 - X_{gm}) - d \cdot H_r \cdot (1 + X_{br})) \cdot M_b \cdot (1 + 0,01D)} \cdot \frac{1}{l_{шр} \cdot 365} \quad (8)$$

Агар нархи миёнаи бензинро барои соли 2021 ба  $H_b = 9,45 \frac{\text{сомонӣ}}{\text{литр}}$  баробар бошад, нархи миёнаи гази моеъ дар ин давра  $H_r = 6,16 \frac{\text{сомонӣ}}{\text{литр}}$  буд, яъне  $d = \frac{H_r}{H_b} = 0,65 < 0,72$  самаранок (бе назардошти арзиши ТГБ) буд.

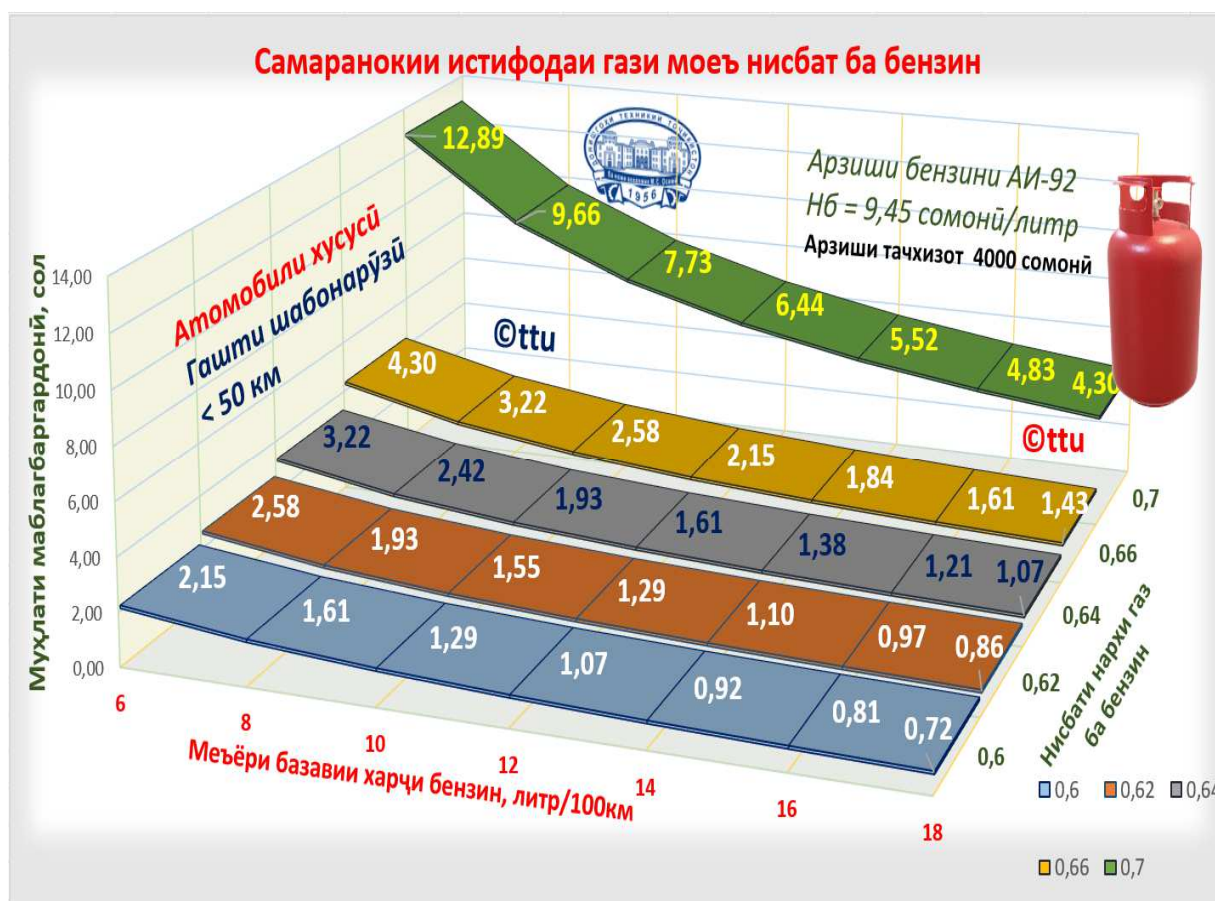
Тибқи формулаи (8) самаранокии истифодаи гази моеъро нисбат ба бензин бо шартҳои ибтидоии зерин муайян менамоем:

- нархи бензин,  $H_b = 9,45 \frac{\text{сомонӣ}}{\text{литр}}$ ;
- арзиши ТГБ,  $H_{TGB} = 4000$  сомонӣ;
- меъёри базавии сарфи сӯзишворӣ (бензин) барои гашти автомобил дар ҳудуди  $M_b = 6 \div 18$  (л /100 км);
- таносуби нархи газ ба бензин дар ҳудуди  $d = (0,6 \div 0,7) < 0,72$
- гашти шабонарӯзии автомобил,  $l_{шр} = 50$  км (барои автомобилҳои хусусӣ) ва  $l_{шр} = 100$  км (барои автомобилҳои такси).

Ҷадвали 4

Муҳлати минималии маблағбаргардонӣ баъди васли ТГБ ва истифодаи гази моеъ (сол)  
(барои автомобилҳои хусусӣ  $l_{шр} = 50$  км)

Таносуби нархи газ ба бензин	Меъёри базавии сарфи сӯзишворӣ (бензин), (л /100 км)						
	6	8	10	12	14	16	18
<b>0,6</b>	1,34	1,01	0,81	0,67	0,58	0,50	0,45
<b>0,62</b>	1,61	1,21	0,97	0,81	0,69	0,60	0,54
<b>0,64</b>	2,01	1,51	1,21	1,01	0,86	0,75	0,67
<b>0,66</b>	2,68	2,01	1,61	1,34	1,15	1,01	0,89
<b>0,68</b>	4,03	3,02	2,42	2,01	1,73	1,51	1,34
<b>0,7</b>	8,05	6,04	4,83	4,03	3,45	3,02	2,68



Расмҳои 8 ва 9. Мухлати минималии маблағбаргardonӣ баъди васли ТГБ ва истифодаи гази моеъ (сол)

Аз диаграммаҳо бармеояд, ки муҳлати минималии маблағбаргardonӣ баъди васли ТГБ ва истифодаи гази моеъ барои автомобилҳои меъёри базавии сарфи сӯзишвориашон баланд ва таносуби пасти нархи газ ба бензин минималӣ мебошад. Дар баробари ин гашти шабонарӯзии автомобил низ нақши асосиро бозӣ мекунад. Масалан барои автомобилҳои таксӣ, ки гашти шабонарӯзииашон аз 100 км зиёд аст, дар аксар ҳолатҳо то як солро ташкил медиҳад.

### Хулоса

Аз таҳлили гуфтаҳои боло ба чунин хулоса омадан мумкин аст:

1. Сӯзишвориҳои дизелӣ барои истифодабарӣ дар нақлиёти автомобилӣ, хусусан автобусҳо ва автомобилҳои боркаш бартарӣ дорад, аммо аз сабаби баъзе маҳдудиятҳои экологӣ (садои баланд ва ғайра) истифодаи муҳарриқҳои дизелӣ дар автомобилҳои сабукрав нисбатан маҳдуд аст. Ба ин нигоҳ накарда, солҳои охир бо дарназардошти тақмили муҳарриқҳои дизелӣ, баланд бардоштани ҳосиятҳои экологии онҳо истифодаи онҳо дар автомобилҳои сабукрав низ зиёд шуда истодааст.
2. Бартарии асосии бензин, ин нишондиҳандаҳои суръатии баланди муҳаррик ва дар ҳарорати паст осон ба кор даромадан мебошад.
3. Истифодаи гази моеъ дар автомобилҳо хароҷоти иловагиро барои насби таҷҳизот талаб менамояд ва танҳо дар сурати то 72% нархи 1 литр бензин будани нархи сӯзишвориҳои газӣ самаранок ҳисобида мешавад.
4. Мухлати минималии маблағбаргardonӣ баъди васли ТГБ ва истифодаи гази моеъ аз меъёри базавии сарфи сӯзишворӣ (бензин) ва гашти шабонарӯзии автомобил ва таносуби пасти нархи газ ба бензин вобастагии зич дорад.

### Список литературы

1. Автомобильные двигатели: Курсовое проектирование: учебное пособие / М.Г.Шатров, И.В.Алексеев, С.Н.Бошанов и др. ; под ред. М.Г.Шатрова — М.: Издательский центр «Академия», 2011. — 256 с..
2. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. Учебное пособие для вузов/ Колчин А.И., Демидов В.П. — 4-е изд.,стер. — М.: Высшая школа, 2008. — 496 с.: ил.

3. Вершина, Г. А. Тепловой расчет двигателей внутреннего сгорания : учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания» / Г. А. Вершина, Г. М. Кухарёнок, Д. Г. Гершань. – Минск : БНТУ, 2016. – 51 с.
4. Основы теории автомобильных двигателей и автомобиля : учеб. пособие / В.А. Стуканов. — Москва : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2019 — 368 с..
5. Коломиец, П.В. Топливо : Учебное пособие по дисциплине «Химмотология» для подготовки магистров по направлению 140500.68 «Энергомашиностроение», магистерская программа 140506 «Поршневые и комбинированные двигатели» / П.В. Коломиец. – Тольятти : ТГУ. 2011. – 78 с. : обл.
6. Раджабов Р. IkarusBusClub. Икарус: путешествие через время! [Электронный ресурс] [2019]. URL: [https://vk.com/wall-4476524\\_19089](https://vk.com/wall-4476524_19089) (дата обращения: 12.12.2021).
7. Шерматов Г. Душанбинский автобус. История в фотографиях [Электронный ресурс] [2019]. URL: <https://asiaplustj.info/ru/news/tajikistan/society/20190403/dushanbinskii-avtobus-istoriya-v-fotografiyah> (дата обращения: 10.12.2021).
8. TORRENS G. WhichCar? [Электронный ресурс] [2016]. URL: <https://www.whichcar.com.au/car-advice/petrol-vs-diesel-vs-lpg-which-fuel-is-best> (дата обращения: 12.12.2021).
9. Газ или бензин? / А. С. Ащелов, А. С. Ащелова, В. А. Воротникова, А. А. Медведев // Россия молодая : Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 20–23 апреля 2021 года /.
10. Energy U.D.O.E.(.O.O.F. Liquefied Natural Gas: Understanding the Basic Facts [Электронный ресурс] [2005]. URL: [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/04/f0/LNG\\_primerupd.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/04/f0/LNG_primerupd.pdf) (дата обращения: 10.12.2021).
11. Баранник А. Ю. и др. Использование природного газа в качестве топлива для автомобилей - одно из приоритетных направлений по обеспечению экологической безопасности страны // Технологии гражданской безопасности. – 2020. – Т. 17. – №. 3 (65). – С. 21-28.
12. Зингер, Е. Ю. Альтернативные экологичные виды топлива для автотранспорта и перспективы их использования в России / Е. Ю. Зингер // Проблемы развития современного общества : // Сборник научных статей 7-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 5-ти томах, Курск, 20–21 января 2022 года / Под редакцией В.М. Кузьминой. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 79-81.
13. Гребнев, В.П. Тракторы и автомобили. Теория и эксплуатационные свойства: учебное пособие / В.П. Гребнев, О.И. Поливаев, А.В. Ворохобин. - М.: КНОРУС, 2013.- 259 с.
14. Поливаев О.И. Электронные системы управления автотракторных двигателей // О.И. Поливаев, О.М. Костилов, О.С. Ведринский. - Воронеж, 2015. - 200с.
15. Что такое ГБО в автомобиле: расшифровка, виды, устройство, стоит ли устанавливать газобаллонное оборудование [Электронный ресурс] URL: <https://motorist.guru/tyuning/gbo-chto-eto-takoe-v-avtomobile.html> (дата обращения: 29.12.2021).
16. Сюляргин, В. Г. Ещё бензин, или уже газ... / В. Г. Сюляргин // АвтоГазоЗаправочный комплекс + Альтернативное топливо. – 2008. – № 5(41). – С. 66-67.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)**

TJ	RU	EN
Абдулло Мамадамон Абдурахмонбек	Абдулло Мамадамон Абдурахмонбек	Abdullo Mamadamon Abdurahmonbek
н.и.т., дотсент,	к.т.н., доцент	Ph.D., associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осими	ТТУ имени акад. М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
<a href="mailto:mamadamonabdullo@ttu.tj">mamadamonabdullo@ttu.tj</a>		
ORCID id 0000-0002-6253-5946		

## АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИНФОРМИРОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Шодиев С. М.

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

Аннотация: В работе представлен актуальный анализ внедрения новых инновационных технологий в государственных структурах Республики Таджикистан. За последнее десятилетие опыт других стран показал, что важным фактором обеспечения быстрых темпов экономического роста является высокий уровень интеграции в мировую экономику, одним из важнейших показателей которой служит приверженность страны к повышению уровня открытости в сфере международной торговли. Наиболее важной мерой, способствующей развитию торговли, является создание надежно функционирующей таможенной системы со стандартизированными, гармонизированными, прозрачными, предсказуемыми, упрощенными процедурами таможенного оформления и контроля, обеспечивающими быстрое прохождение товаров через границу.

Республика Таджикистан значительно продвинулась в вопросах приведения таможенной системы в соответствие с международными правилами. Вместе с тем мировые тенденции и экономические требования последних лет требуют пересмотра политики в отношении развития таможенных органов республики, так как на сегодняшний день они не имеют достаточных возможностей оперативно соответствовать современным требованиям сбалансированной политики содействия торговле и эффективному обеспечению таможенного контроля. Наиболее важным является внедрение новых инновационных подходов для СУР - системы управления рисками.

Ключевые слова: транспорт, таможня, предварительное информирование грузов, информационные технологии, цифровизация

### ҶАНБАҶОИ ИСТИФОДАИ МАЪЛУМОТҶОИ ПЕШАКӢ ДАР ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН ДАР НАҚЛИЁТИ БАЙНАЛҶАЛИИ АВТОМОБИЛӢ

Дар мақола таҳлили муносири ҷорӣ намудани технологияҳои нави инноватсионӣ дар сохторҳои давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон оварда шудааст. Тавре ки таҷрибаи кишварҳои дигар дар даҳсолаи охир нишон дод, омилҳои муҳими таъмини рушди босуръати иқтисодӣ сағҳи баланди ҳамгирӣ ба иқтисоди ҷаҳонӣ мебошад, ки яке аз муҳимтарин нишондиҳандаҳои он саъю кӯшиши кишвар ба баланд бардоштани сағҳи ошкорбаёнӣ мебошад. дар савдои байналхалқӣ. Муҳимтарин тадбири мусоидат ба тиҷорат таъсиси низоми хуби гумрукӣ бо расмиёти стандартикунидашуда, ҳамоҳангшуда, шаффоф, пешбинишаванда, соддагардонидашудаи барасмиятдарории гумрукӣ ва назорат барои таъмини убури босуръати мол аз сарҳад мебошад.

Ҷумҳурии Тоҷикистон дар самти мутобик гардонидани низоми гумрукӣ ба қоидаҳои байналмилалӣ ба пешравиҳои назаррас ноил гардид. Дар баробари ин, тамоюли глобалӣ ва талаботи иқтисодии солҳои охир таҷдиди назар намудани сиёсати рушди мақомоти гумруки ҷумҳуриро тақозо менамояд, зеро имрӯз онҳо барои зуд ҷавобгӯӣ талаботи муносири мусоидат ба мувозинати савдо имкониятҳои кофӣ надоранд. сиёсат ва назорати самаранокӣ гумрукӣ. Муҳимтар аз ҳама ҷорӣ намудани равишҳои нави инноватсионӣ барои RMS - системаҳои идоракунии хавфҳо мебошанд.

Калидвожаҳо — Нақлиёт, гумрук, иттилооти пешакии борҳо, технологияҳои иттилоотӣ, рақамӣ

### ASPECTS OF THE APPLICATION OF PRELIMINARY INFORMATION IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN IN INTERNATIONAL ROAD TRANSPORTATION

Annotation - The paper presents an up-to-date analysis of the introduction of new innovative technologies in the state structures of the Republic of Tajikistan. As the experience of other countries over the past decade has shown, an important factor in ensuring rapid economic growth is a high level of integration into the world economy, one of the most important indicators of which is the country's commitment to increasing the level of openness in international trade. The most important trade-facilitating measure is the establishment of a well-functioning customs system, with standardized, harmonized, transparent, predictable, simplified customs clearance and control procedures to ensure the rapid passage of goods across the border.

The Republic of Tajikistan has made significant progress in bringing the customs system in line with international rules. At the same time, the global trends and economic requirements of recent years require a revision of the policy regarding the development of the customs authorities of the republic, since today they do not have sufficient opportunities to quickly meet the modern requirements of a balanced trade facilitation policy and effective customs control. The most important are the introduction of new innovative approaches for RMS - risk management systems.

Key words — Transport, customs, preliminary information of cargoes, information technologies, digitalization

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время информационные технологии являются одним из важнейших факторов развития всех отраслей экономики. Их внедрение стало насущной потребностью современности и основным инструментом интеграционных процессов в повседневной таможенной практике.

Использование современных информационных технологий (ИТ) в деятельности таможенных органов помогает совершенствовать и облегчать процесс таможенного оформления и таможенного контроля, повышает пропускную способность пунктов пропуска на государственной границе. Интерес к повышению качества процесса таможенного оформления и контроля обобщен – в этом заинтересована и таможенная служба (ТС), и участники внешнеэкономической деятельности (УВЭД). Во всем мире одним из наиболее действенных способов повышения качества процесса таможенного оформления является ПИ таможенных органов о предстоящей внешнеэкономической сделке.



Предварительное информирование (ПИ) — это процедура предоставления сведений о товарах и транспортных средствах до их фактического прибытия на таможенную территорию. Основная цель заключается в сокращении времени оформления груза на границе.

Согласно [1] существует три уровня грузовых автомобильных перевозок, в которых используются информационные технологии:

1) Функции управления и логистики, где ИТ используются в основном для связи и долгосрочного планирования.

2) Функции управления автопарком, такие как планирование маршрутов и составление графиков.

3) Управление транспортными средствами, включая планирование поездки и идентификацию груза.

Логистика - ключевой фактор конкурентного преимущества. Транспорт как подпроцесс логистики играет важную роль в торговле и международной торговле. Транспортную деятельность выполняют разные партнеры. Партнеры играют разные роли на разных этапах транспортировки. К партнерам в транспортной деятельности относятся государственные компании, частные компании и государственные органы.

Как показывает международный опыт, перспективным направлением развития таможенного дела является внедрение Института ПИ таможенных органов о перемещаемых товарах еще до их прибытия в страну. В данном случае речь идет о взаимодействии таможенных администраций страны-экспортера и страны импортера. С другой стороны, эта предварительная информация может использоваться таможенными органами для минимизации времени, необходимого для выполнения формальностей, планирования распределения ресурсов, оптимизации контроля, обеспечения прозрачности и предсказуемости действий таможенных органов.

Система ПИ является необязательной для применения всеми лицами, перемещающими товары через таможенную границу, однако ее широкое применение в европейских странах и США свидетельствует о заинтересованности субъектов в ее использовании в рамках внешнеторгового оборота.

С 1 января 2009 года таможенные власти Евросоюза ввели обязательное электронное ПИ таможенных органов о перевозках товаров по процедуре МДП (согласно таможенной конвенции о международной перевозке грузов). Это нововведение вытекает из рамочных стандартов безопасности и облегчения торговли Всемирной торговой организации (ВТО), к которым присоединилась Республика Таджикистан, а также нового Таможенного кодекса ЕС. Теперь всем УВЭД придется заблаговременно предоставлять информацию о грузе на таможенную, расположенную в пограничном пункте пропуска.

### **ОСНОВНЫЕ ПРИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИНФОРМИРОВАНИЯ**

Целью данной статьи является изучение системы предварительного информирования (ПИ) таможенных органов, выявление всех областей ее применения. Кроме этого, целью исследования является выявление недостатков и возможных проблем в использовании данной системы, а также определение текущего состояния уровня внедрения данной системы.

Система предварительного информирования (ПИ) – взаимодействие участников ВЭД и таможенных органов по оформлению ввоза и вывоза грузов через границу Республики Таджикистан, на основе электронного документооборота. Основными целями ее внедрения являются:

- автоматизация процедур контроля и документального оформления товаров и транспортных средств в таможенных органах;
- увеличение пропускной способности пунктов пропуска, сокращение времени обработки грузов и исключение простоев транспортных средств, прибывающих из сопредельных государств на пункты пропуска через границу Республики Таджикистан.

Обеспечение автоматизации бизнес-процессов, связанных с таможенным администрированием, и взаимодействие таможенных органов с бизнес-сообществом преимущественно в электронном виде и сокращение временных и финансовых издержек для УВЭД, а также повышение эффективности таможенного контроля.

Логистика и транспортная отрасль - одна из самых международных и сложных отраслей, в которой задействовано множество различных сторон, включая государственные органы и процедуры, и требующая сложной бумажной работы (Рис. 1) [1].

Совершенствование процессов таможенного администрирования повысит конкурентоспособность отечественных УВЭД на международном рынке и инвестиционную привлекательность государства, а также будет способствовать развитию транспортной инфраструктуры РТ. Данная реализация также повысит роль таможенных органов в укреплении экономической безопасности РТ и ее граждан и будет положительно влиять на рост внешнеторгового оборота и увеличение доходов государственного бюджета.

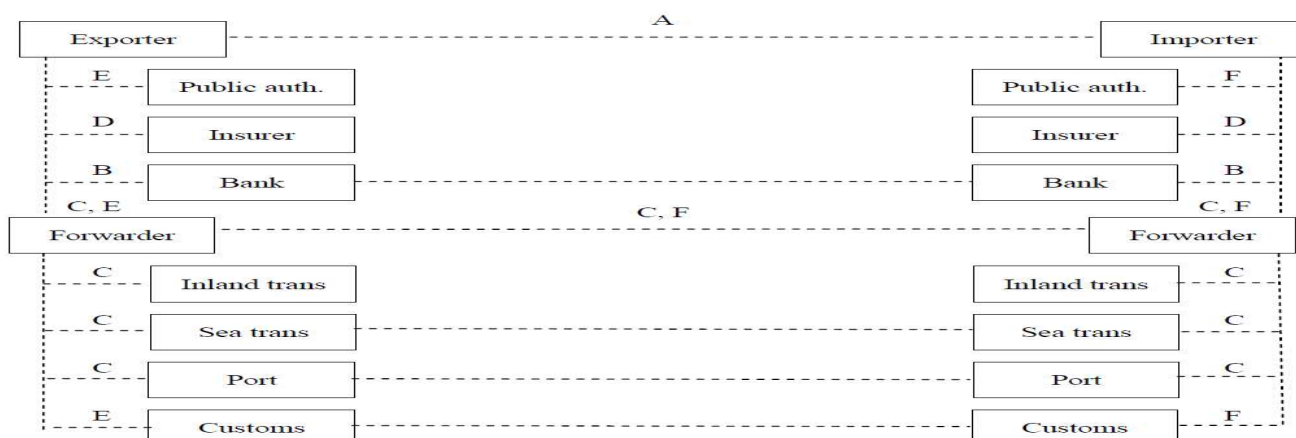


Рис.1. Поток данных в международной торговле и транспорте [1]: Основные функции Потока данных

A Установление коммерческих потоков - Коммерческие

B Порядок оплаты - Финансовый

C Организация транспорта - Транспортный посредник

D Организация страхования - Страхование

E Разрешение на экспорт - Официальное

F Разрешение на ввоз – Официальное

На наш взгляд, основными приоритетами внедрения системы являются:

1. Единая система по обмену предварительного информирования государственных контролирующих органов, в рамках которой они получают возможность:
  - автоматической регистрации товаров и транспортных средств;
  - анализа и обработки данных для предварительного решения о ввозе/вывозе или транзите товаров и транспортных средств;
  - мониторинга и формирования отчетов;
  - контроля прибытия грузов на пункты пропуска.
2. Ускоряя процесс прохождения контроля на границе от существующего базиса времени после полной реализации, можно добиться значительного результата;
3. УВЭД имеют возможность получить подтверждение в информационной системе о предварительном решении государственных контролирующих органов.
4. Уменьшение времени простоя транспортных средств на таможенных пунктах и связанные с ними экономические и экологические издержки.

## ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

В Республике Таджикистан за последние десятилетия был принят ряд законодательных нормативных правовых актов, которые создали необходимые условия для развития таможенных органов республики, соответствующие международным стандартам. Таможенный кодекс Республики Таджикистан унифицирован и гармонизирован с ключевыми международными правовыми документами, в том числе Всемирной почтовой Конвенцией (1964 г.), Международной Конвенцией о согласовании условий проведения контроля грузов на границах (1982 г.), Международной конвенцией о Гармонизированной системе описания и кодирования товаров (1983 г.), Международной конвенцией о временном ввозе (1990 г.), Генеральным соглашением по тарифам и торговле Всемирной торговой организации (1994 г.) и Соглашением по торговым аспектам прав интеллектуальной собственности (1994 г.).

В сфере таможенной деятельности среди указанных правовых актов существенную роль отведена Соглашению Всемирной Торговой Организации. Соглашение позволяет создать более действенную нормативную базу для осуществления реформ, направленных на дальнейшее упрощение процедур торговли. Данное соглашение официально вступило в силу с февраля 2017 года и его положения стали обязательными для исполнения таможенными органами Республики Таджикистан.

Ранее проведенные реформы в сфере таможенного регулирования позволили в определенной степени обеспечить единообразное применение норм таможенного законодательства на всей территории Республики Таджикистан. В рамках проведенных реформ существенно развита информационная система таможенных органов. Реформы позволили добиться эффективного и рационального использования таможенных процедур и повышения качества таможенного администрирования. Электронное декларирование товаров и транспортных средств посредством единой автоматизированной информационной системы (ЕАИС) Таможенной Службы при Правительстве Республики Таджикистан

(ТСПРТ) позволяет формировать и ускорять процедуры таможенного оформления и контроля, тем самым создавать благоприятную конкурентную среду в сфере внешнеторговой деятельности. Таможенные органы Республики Таджикистан приступили к реализации контрольных функций на основе методов аудита после выпуска товаров в обращение на таможенной территории страны и совершенствуют систему управления рисками.

Таможенные органы Республики Таджикистан подняли на новый уровень свое взаимодействие с другими правоохранительными и контролирующими органами, имеется общее согласование правил обмена данными. Определенный прогресс также наблюдается в вопросах взаимодействия таможенных органов республики с деловыми кругами. Это взаимодействие осуществляется в форме официальных консультаций, в том числе с использованием возможностей Общественного консультативного совета при руководителе ТСПРТ. Развивается международное сотрудничество в плане налаживания обмена оперативно значимой информацией с таможенными органами иностранных государств.

Тем не менее, на сегодняшний день деятельность таможенных органов Республики Таджикистан не соответствует в достаточной степени критериям, определенным Всемирной таможенной организацией (ВТамО) для таможенных органов в 21 веке, которые должны гармонично сочетать свои плановые обязательства по обеспечению налоговых поступлений в государственный бюджет с упрощенными процедурами, способствующими ускоренному движению товаров и людей через таможенную границу. Ключевые положения упрощенных процедур определены пересмотренной Киотской конвенцией, Соглашением Всемирной Торговой Организации (ВТО), а также рекомендациями Всемирной таможенной организации ВТамО.

Остаются нерешенными отдельные проблемы институционального и технического развития таможенных органов республики, которые не позволяют целиком и полностью адаптироваться к постоянно меняющейся торговой практике и, соответственно, приводят к снижению эффективности таможенного администрирования, недобросовестной конкуренции и увеличению незаконного перемещения товаров (контрабанда) через таможенную границу, проникновению недоброкачественных импортных товаров на внутренний рынок и другим негативным явлениям. К числу основных проблем относятся:

- наблюдение заметного отставания от современной деловой практики, включающей заблаговременное оповещение о внешнеторговой операции, применение устройств систем слежения за маршрутом движения товаров и транспортных средств;
- неполное функционирование системы управления рисками, отсутствие понимания ведущей роли системы управления рисками;
- высокий уровень подверженности таможенных процедур коррупционным процессам, которые существенно уменьшают денежные поступления в государственный бюджет;
- неполное применение информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), способных снижать субъективное влияние на процедуры таможенного оформления и контроля;
- неиспользование возможностей привлечения прямых инвестиций и инструменты государственно-частного партнерства для развития ИКТ в таможенной и около таможенной сфере;
- недостаточный уровень информационно-аналитического обеспечения деятельности таможенных органов;
- слабая координация действий между различными государственными органами, осуществляющими пограничный контроль;
- отсутствие четкого понимания современной роли таможенных органов, как координатора всех процедур экспорта, импорта и транзита товаров, в том числе при осуществлении пограничного контроля;
- слабое развитие взаимоотношений с УВЭД, особенно в вопросах исполнения соответствующих нормативных правовых актов;
- низкий уровень информированности УВЭД и других заинтересованных сторон о таможенных процедурах, нормах таможенного законодательства, в том числе услуг, предоставляемых посредством ИТ;
- недостаточный уровень развития таможенной инфраструктуры и инфраструктуры пограничного контроля, исключая дублирование функций контроля;
- отсутствие собственных средств для развития ИКТ и таможенной инфраструктуры, и инфраструктуры пограничного контроля;
- ведение некачественной работы в сфере защиты прав интеллектуальной собственности в связи с отсутствием достаточного потенциала;
- ограниченные возможности по информированию структурных подразделений по борьбе с таможенными правонарушениями и коррупцией;

- неэффективное использование технических и человеческих ресурсов.

Таможенные органы республики следует модернизировать таким образом, чтобы они создавали благоприятную упрощенную среду для торговли, которая одновременно обеспечивала бы безопасное и бесперебойное поступление денежных средств в государственный бюджет.

Таможенной Службой была разработана Среднесрочная программа развития таможенных органов Республики Таджикистан на 2020-2024 годы [2], которая определяет основные направления развития и модернизации таможенных органов Республики Таджикистан на ближайшие 5 лет с учетом имеющихся бюджетных ограничений и возможностей привлечения инвестиций.

Данная программа определяет основные цели, задачи и направления развития таможенных органов Республики Таджикистан с учетом влияния таможенного регулирования, как средства государственного регулирования внешнеторговой деятельности на процессы интеграции национальной экономики в международном экономическом пространстве.

Одной из основных целей и приоритетов данной программы являются:

- внедрение предварительного информирования, способствующего сокращению сроков и ускорению системы выпуска товаров в свободное обращение;
- обеспечение упрощенного порядка торговли для законопослушных участников ВЭД, в том числе реализация международных требований для уполномоченных экономических операторов;
- перенос акцента таможенного контроля с этапа оформления на этап после выпуска товаров при помощи системы управления рисками;
- развитие электронного межведомственного взаимодействия и получение сведений и разрешительных документов, необходимых для целей таможенного оформления по принципу «Единого окна», «Одна остановка» и внедрение принципа «бесбумажной торговли» и другие.

Согласно [2] электронному декларированию таможенной процедуры транзит позволит решить несколько задач:

- проведение оценки рисков до прибытия в пункт пропуска транспортного средства с грузом;
- осуществление планирования мероприятий таможенного контроля в отношении товаров и транспортных средств, проводимых в пунктах пропусков;
- уменьшение времени простоя транспортных средств в пунктах пропусков;
- увеличение объема сбора таможенных платежей за счет ускорения времени прохождения таможенных процедур;
- снижение уровня коррупции посредством прозрачности автоматизированного учета и контроля;
- ведение электронного документооборота с использованием последующей вариативности информации (в т.ч. конечным потребителем товара).

Совершенствование работ таможенных органов в пунктах пропусков неразрывно связано с развитием информационных технологий и ПИ. Предварительная информация, содержащая в себе все необходимые сведения, является ключевым инструментом для минимизации случаев применения дополнительных инструментов контроля со стороны таможенных органов РТ. В целях совершенствования механизмов государственного контроля в пунктах пропусков на протяжении всей Государственной границы Республики Таджикистан необходимо введение обязательного предварительного информирования о товарах, ввозимых на таможенную территорию Республики Таджикистан.

Основным фактором достижения поставленных целей таможенных органов в части сокращения времени совершения таможенных операций и содействия международной торговле является автоматизация процессов таможенного контроля. Внедрение автоматического принятия решений при декларировании товаров требует дальнейшего развития системы электронного декларирования, работа которых построена исключительно на использовании электронных документов. В целях дальнейшего развития электронного декларирования также предусматривается совершенствование технологии электронного транзита.

Совершенствование деятельности таможенных органов в части обеспечения соблюдения запретов и ограничений, а также защиты прав на объекты интеллектуальной собственности в отношении ввозимых/вывозимых товаров нельзя обеспечить без внедрения реализации механизмов обязательного ПИ в части минимизации рисков несоблюдения прав, касающихся соблюдения запретов и ограничений.

### **РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Применение в деятельности таможенных органов Республики Таджикистан ИКТ повышает качество таможенного администрирования, обеспечивает автоматизацию процесса поступления доходов в государственный бюджет, минимизирует издержки для УВЭД, связанные с совершением таможенных операций, обеспечивает соблюдение запретов и ограничений, а также защиту отечественных производителей и охрану объектов интеллектуальной собственности.

Эффективность деятельности ТС непосредственно зависит от состояния информационно-технического обеспечения таможенных органов, развитие которого должно осуществляться по следующим основным направлениям:

- создание благоприятных условий, обеспечивающих устойчивое функционирование информационно-технических средств таможенных органов;
- развитие информационно-программных средств;
- поэтапное оснащение таможенных органов информационно-техническими средствами и программным обеспечением, отвечающих международным стандартам.

Как отмечает Ю. В. Малевич [3], при международных автомобильных перевозках фрагментарное использование современных цифровых технологий обусловлено их разрозненностью. Так, перевозчик в случае использования всех указанных технологий должен работать сразу в нескольких системах, при этом практически во всех документах (их электронных аналогах) большая часть информации дублируется.

Для эффективного использования финансовых ресурсов, выделяемых на ИТ, в ближайшей перспективе необходимо провести наиболее приоритетные мероприятия для развития информационно-технического обеспечения таможенных органов, в том числе:

- предоставление услуг связи и обеспечение обмена информацией;
- эксплуатация информационно-технических средств таможенных органов;
- модернизация программного обеспечения (ПО) ЕАИС;
- совершенствование электронного делопроизводства;
- проведение частичной замены вычислительной техники, средств защиты информации и телекоммуникаций, управления и передачи информации, выработавших установленные сроки эксплуатации;
- модернизация центров обработки данных, в том числе выделение в самостоятельный блок комплекса вычислительных средств, содержащих приложения, работающие в режиме реального времени.

Также следует развивать межведомственное взаимодействие, в том числе в следующих направлениях:

- совершенствование ТС локальных инструментов механизма «Единого окна» и «Одна остановка»;
- электронное декларирование с обязательным соблюдением однократности представления документов в рамках межведомственного информационного взаимодействия;
- автоматическое принятие юридически значимых решений, в том числе автоматическая регистрация деклараций на товары и автоматический выпуск товаров на основании разрешений органа, их выдавшего, и сведений из ЕАИС таможенных органов;
- реализация общих процессов информационного взаимодействия между всеми заинтересованными участниками бизнес-процессов;
- расширение информационного взаимодействия в электронном виде с правоохранительными органами, в том числе осуществление комплекса организационно-технических мероприятий по поэтапному размещению информации в межведомственном информационном ресурсе;
- расширение информационного взаимодействия с Министерством транспорта и Управлением государственной автомобильной инспекции МВД Республики Таджикистан;
- актуализация действующих соглашений об информационном взаимодействии ТС с исполнительными органами государственной власти, модернизация информационно-технических средств ЕАИС таможенных органов на основе перспективных ИТ и программно-технических решений.



Рис.2. Схема обмена данными с таможенными органами других государств

Основой для обмена информацией с таможенными органами других государств является применение Рамочных стандартов безопасности и упрощения процедур международной торговли ВТамО. Он основан на принципе использование предварительной электронной информации для выявления контейнеров и грузов повышенного риска, для которого следует предусмотреть автоматизированный обмен информацией.

Обмен различной информацией (в том числе предварительной) является основным видом взаимной административной помощи в таможенных делах.

Основным документом, устанавливающим правила ПИ, является Соглашение между Правительством РТ и Правительством Республики Узбекистан; между Правительством РТ и Правительством Российской Федерации; а также между Правительством РТ и Правительством Исламской Республики Афганистан.

У ТС в настоящее время существуют отдельные двусторонние соглашения об информационном обмене с другими странами, а именно:

- Протокол между Таможенной службой при Правительстве Республики Таджикистан и Государственным таможенным комитетом Республики Узбекистан об организации обмена предварительной информацией о товарах и транспортных средствах, перемещаемых через таможенную границу (от 9 марта 2018 года).
- Протокол между Федеральной таможенной службой Российской Федерации и Таможенной службой при Правительстве Республики Таджикистан об организации обмена предварительной информацией о товарах и транспортных средствах, перемещаемых между Российской Федерацией и Республикой Таджикистан (от 4 октября 2018 года).

ПИ представляется в форме электронных документов о товарах и транспортных средствах в соответствии с порядком, установленным техническими условиями информационного взаимодействия, согласованными Сторонами.

Обмен предварительной информацией осуществляется в пределах их компетенции и в соответствии с законодательством государств Сторон.

Стороны обеспечивают использование предварительной информации при непосредственном осуществлении таможенного контроля товаров и транспортных средств, перемещаемых через границы государств Сторон, в том числе с применением системы управления рисками.



Рис. 3. Схема взаимодействия интегрированных систем и обмена данными между сторонами

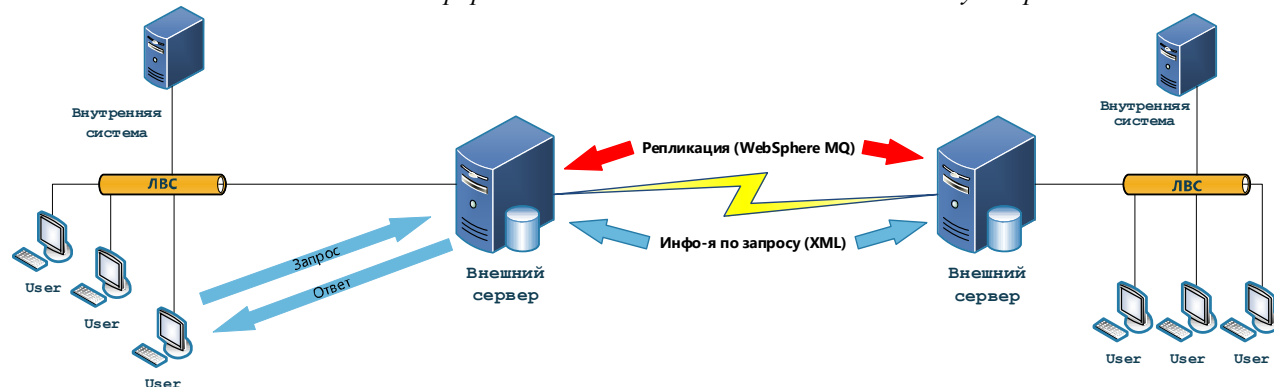


Рис.4. Схема взаимодействия интегрированных систем и обмена данными между сторонами

Также на согласовании находится межправительственный и межведомственный протокол: об организации обмена ПИ о товарах и транспортных средствах, перемещаемых между Республикой Таджикистан и иностранным государством: с Азербайджаном, Турцией и Кыргызстаном (в дальнейшем с КНР).

Многосторонние соглашения позволяют установить регулярный консолидированный обмен таможенной информацией, позволяющий более тщательно отслеживать товарные потоки, пересекающие границы, и создать условия для полномасштабного контроля импорта товаров, а также их транзита через нее [4].

Схема работы системы предварительного информирования.

Существующая система обеспечивает прием, обработку и доведение ПИ до таможенных органов по их запросу. Данная информация необходима для последующего использования при оформлении прибытия товаров автомобильным и железнодорожным транспортом, а также при открытии процедуры транзита в соответствии с национальным законодательством, включая транзит автомобильным транспортом по процедуре Международных дорожных перевозок (МДП) [5].

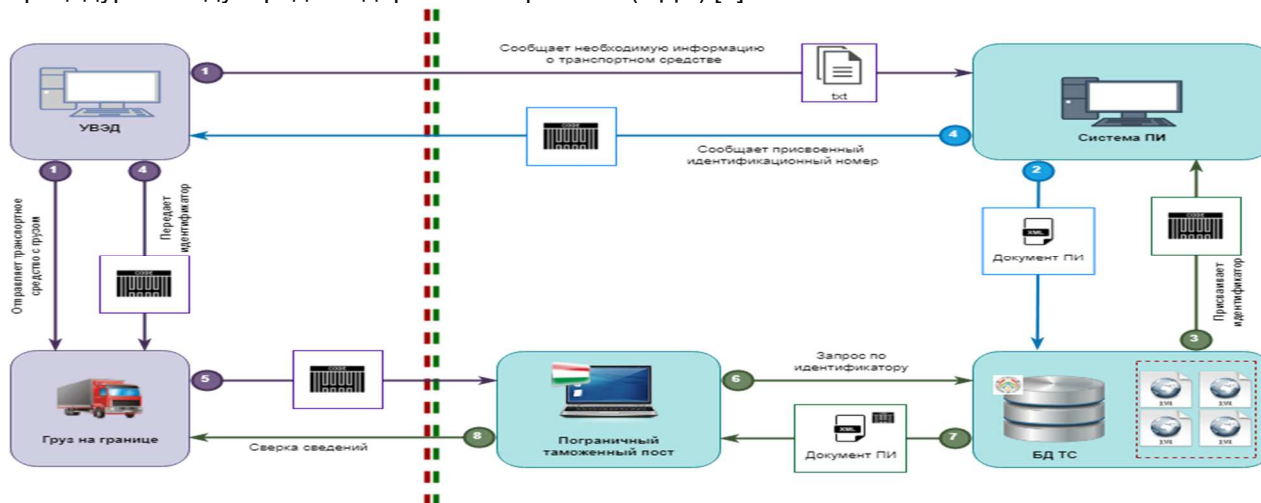


Рис. 5. Схема ПИ на примере грузового автотранспорта

Схематично процесс ПИ представляет собой следующую последовательность действий:

1. УВЭД подает в систему, функционирующую в ТС, предварительные сведения в объеме и в соответствии с порядком, определяемым спецификацией.

2. Система принимает и обрабатывает предварительные сведения, а также проводит форматно-логический контроль ПИ. В случае успешного прохождения форматно-логического контроля УВЭД передается уникальный идентификатор предварительных сведений, который необходимо предъявить в пограничном пункте пропуска.

3. Уникальный идентификатор ПИ, подаваемой для целей оформления прибытия и открытия транзита, обычно распечатывается в виде бланка со штампом (в других странах - штрих-код). При прибытии товаров и транспортных средств на таможенную территорию Республики Таджикистан распечатанный бланк предоставляется должностному лицу таможенного органа, расположенного в пограничном пункте пропуска, с целью последующего запроса по этому номеру ПИ из Системы. В случае перевозки товаров по процедуре МДП в качестве уникального идентификатора используется номер книжки МДП.

4. Вводя информацию с бланка в систему таможенного оформления и таможенного контроля, должностное лицо автоматически формирует запрос в Систему. Полученная в ответ на запрос по уникальному идентификатору ПИ загружается в штатные программные средства, на основании которого таможенный инспектор осуществляет таможенное оформление и таможенный контроль в соответствии с порядком, определенным инструкцией об особенностях совершения должностными лицами таможенных органов отдельных таможенных операций в отношении товаров и транспортных средств, перемещаемых через таможенную границу Республики Таджикистан, с использованием ПИ.

Таким образом, схема работы Системы ПИ в самом общем виде заключается в следующем - таможенные органы принимают информацию от УВЭД и сохраняют ее в базах данных ТС. Таможенные органы, расположенные в пунктах пропуска на границе РТ, могут по запросам получать необходимую ПИ о товарах и транспортных средствах, ввозимых на таможенную территорию. Становится очевидно, что применение Системы ПИ значительно упрощает и ускоряет процесс таможенного оформления и таможенного контроля товаров. Но в существующей схеме еще остались непроработанные участки, в качестве примера можно привести тот факт, что в Европе УВЭД может отправить пакет ПИ с любого компьютера или даже мобильного телефона, в Республике Таджикистан же данная возможность не предусмотрена.

В целом хочется отметить, что предложенная технология позволяет обеспечить эффективное информационное взаимодействие ТС и УВЭД. Причем использование современных ИТ позволяет

обеспечить последующую интеграцию Системы с системами ПИ, используемыми в странах СНГ и других странах мира.

Внедрение системы предварительного информирования.

В настоящее время система ПИ в Республике Таджикистан находится еще на стадии становления. Внедрение ПИ и распространение действия данного процесса сопряжены с необходимостью решения ряда проблем, в том числе создания благоприятных условий для участников внешнеторговых отношений, что, в свою очередь, сделает процедуру ПИ более привлекательной и востребованной. Так, в ближайшее время предстоит разработать необходимое программное обеспечение для реализации ПИ, а также подробную технологическую схему его осуществления. Данная система должна быть предложена, а не назначена участникам внешнеторговых отношений. Ее параллельная работа с обычным ходом таможенного оформления позволит частным субъектам сравнить свои издержки. Соответственно, чем больше субъектов воспользуются ею, осознав преимущества, тем активнее будет происходить процесс ее внедрения. В рамках предварительного информирования решающее значение имеет и внедрение принципа "Одного окна", означающего нахождение на границе всего двух контролирующих служб - пограничной и таможенной. Необходимым условием данной системы выступает наличие Единой базы данных всех контролирующих органов (ветеринарной, санитарной и др.)

Таким образом, для достижения эффективности работы Системы ПИ в таможенных органах Республики Таджикистан необходимо предпринять следующие меры:

- Создать правовую и законодательную основу Системы ПИ;
- Создать на ПП режим приоритетной (внеочередной) обработки документов на товары и транспортные средства, информация о которых представляется по технологии ПИ;
- Организовать отдельное окно для приема документов на товары и транспортные средства, оформленные по технологии ПИ.

Только после выполнения всех этих мероприятий будут созданы достаточные условия для эффективной реализации на практике Системы ПИ. Это позволит решить множество накопившихся проблем, в том числе по ликвидации очередей на ПП, ускорению открытия процедуры доставки по таможенным процедурам МДП, а также развитию востребованного предварительного декларирования (в электронном виде) на базе сведений, представляемых по технологии ПИ. Несмотря на существование вышеперечисленных проблем внедрения технологии ПИ, она представляется выгодной УВЭД, поскольку означает для них значительное сокращение времени и минимизацию затрат, а таможенным органам помогает справиться с возрастающим потоком импортных товаров.

## **ВЫВОДЫ**

В ходе данной работы было рассмотрено применение Системы ПИ таможенных органов, особенности ее функционирования, а также проблемы, возникающие в ходе ее внедрения и эксплуатации.

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Система ПИ таможенных органов в настоящий момент применяется достаточно широко, и области ее применения постепенно будут увеличиваться.
2. Система подразумевает взаимодействие как таможенных органов и УВЭД, так и других организаций, участвующих в процессе перемещения товаров через границу Республики Таджикистан.
3. Большая часть проблем системы ПИ таможенных органов связана с недостаточным отражением в законодательстве Республики Таджикистан современных информационно-технологических реалий, что тормозит эффективное внедрение и применение ИТ в органах государственного управления в целом и в таможенных органах в частности.
4. Важной проблемой до последнего времени была проблема организации электронного документооборота. В настоящий момент в связи с решением проблемы формирования и верификации ЭЦП и решением проблемы ее юридической силы Система ПИ получит новые возможности для развития.
5. Системы ПИ эффективно используются во многих развитых странах мира, и в Республике Таджикистан ее развитие является необходимым для успешного функционирования таможенной системы в условиях увеличения грузопотоков, а также в условиях интеграции страны в мировую экономику.

В ходе проведения данного исследования были выявлены дальнейшие приоритетные шаги, а именно: организация встреч и начало процесса дальнейшего сотрудничества с таможенными органами Турции, Казахстана и Кыргызстана для заключения Соглашения по обмену таможенными электронными данными экспортных, импортных и транзитных операций.

Как мы знаем, обмен информацией позволяет упростить таможенные процедуры для УВЭД, уменьшает таможенные правонарушения и повышает собираемость таможенных платежей.

Уровень цифровизации таможенных органов вышеуказанных стран дает возможность обмена информацией в режиме онлайн в электронном виде.



Необходимо отметить, что для совершенствования Системы ПИ ТС потребуется приобретение дополнительных ресурсов информационно-коммуникационных технологий, разработки новых модулей, а также программных обеспечений, по которым необходима поддержка и финансирование со стороны международных доноров (грантовой и технической помощи международных организаций и других источников финансирования).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Saatçioğlu Ö. Y., Deveci D. A., Cerit A. G. Logistics and transportation information systems in Turkey: e-government perspectives //Transforming Government: People, Process and Policy. – 2009.
2. Среднесрочная программа развития таможенных, органов Республики Таджикистан на 2020- 2024 годы (Постановление Правительства Республики Таджикистан от 1 ноября 2019 года, №537).
3. Малевич Ю. В. Цифровые технологии в сфере международных автомобильных перевозок //Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2019. – №. 6 (85).
4. Сакович, С. И. Информационный обмен между ФТС России и таможенными службами других государств / С. И. Сакович // Бюллетень инновационных технологий. – 2019. – Т. 3. – № 3(11). – С. 35-37.
5. Белоусова, Т. И. Информационные технологии как инструмент реализации задач таможенного администрирования / Т. И. Белоусова // Проблемы современной науки и образования. – 2014. – № 2(20). – С. 52-57.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ(AUTHORS BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Шодиев Сорбон Мухаммадҷонович Унвонҷӯи кафедраи «Истифодабарии нақлиёти автомобилӣ»	Шодиев Сорбон Мухаммадҷонович соискатель кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»	Sayrahmonov Rahimjon Huseynovich Applicant of the department "Operation of road transport"
ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S.Osimi
<a href="mailto:sho-sorbon@mail.ru">sho-sorbon@mail.ru</a>		

# СОХТМОН ВА МЕЪМОРӢ - СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА - CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

UDK 727.4-056

## PRINCIPLES FOR DESIGNING RAMPS IN CIVIL BUILDINGS

R.M. Shokirov

Tajik technical University named after academician M.S.Osimi

**Annotation.** The article is devoted to the issues of designing ramps in civil buildings for people with limited mobility (PLM). The article discusses various options for planning solutions for ramps, taking into account modern requirements of urban planning. Ensuring an accessible environment for people with disabilities and other people with limited mobility is one of the environmental socio-economic tasks. To date, in the proposed buildings, the conditions for unimpeded access of the people with limited mobility to objects of social danger are not fully created. The purpose of this article is to develop recommendations for the arrangement of ramps, as one of the main elements that ensure the availability of transportation routes for people with limited mobility. Ramps in buildings and structures, as well as in open spaces, are special flat designs, with slight slopes, to facilitate the movement of people with disabilities, as well as to raise or lower a small vehicle on wheels. They replace the structure of stairs and, provide interconnection between different levels of surfaces in height and must be reliable and safe in operation.

**Key words:** ramp, design, civil buildings, people with limited mobility, element, modern requirements, safety, urban planning.

### ПРИНЦИПҶОИ ЛОИҲАКАШИИ ПАНДУСҶО ДАР БИНОҶОИ ШАҲРВАНДӢ

**Аннотатсия.** Мақолаи мазкур ба масъалаҳои лоиҳакашии пандусҷо дар биноҳои шаҳрвандӣ барои гурӯҳи камҳаракати аҳоли (ГКА) бахшида шудааст. Дар мақола вариантҳои гуногуни ҳалли тарҳрезии пандусҷо, бо назардошти талаботи муносири шаҳрсозӣ, баррасӣ карда мешаванд.

Таъмини муҳити дастрас барои маъҷубон ва ГКА яке аз муҳимтарин вазифаҳои иҷтимоӣ иқтисодӣ мебошад. То имрӯз дар биноҳои шаҳрвандӣ барои дастрасии бемамонияти ГКА ба объектҳои инфрасохтори иҷтимоӣ шароити пурра фароҳам оварда нашудааст. Мақсади ин мақола нишон додани роҳҳои дурусти сохтани пандусҷо, ҳамчун яке аз унсурҳои асосии онҳо, таъмини дастрасии роҳи ҳаракат барои ГКА мебошад. Пандусҷо дар биноҳо ва иншоот, инчунин дар майдонҳои кушод, конструксияи махсуси ҳамворро ифода мекунад ва нишебии ночиз доранд, ки ҳаракати ГКА инчунин, имконияти (дар курси- чархҳо) боло рафтан ё фармадани нақлиёти хурдро осон мекунад. Онҳо зинаҳоро иваз намуда, пайвастигии байни сатҳҳои гуногунро таъмин мекунад ва ҳангоми истифодабарӣ бояд боэҳтимоӣ ва бехатар бошанд.

**Калидвожаҳо:** пандус, лоиҳакашӣ, биноҳои шаҳрвандӣ, гурӯҳи камҳаракати аҳоли, унсур, талаботҳои муосир, бехатарӣ, шаҳрсозӣ.

### ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПАНДУСОВ В ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЯХ

**Аннотация.** Статья посвящена вопросам проектирования пандусов в гражданских зданиях для маломобильных групп населения (МГН). В статье рассмотрены различные варианты планировочного решения пандусов с учетом современных требований градостроительства.

Обеспечение доступной среды для инвалидов и других МГН является одной из важнейших социально-экономических задач. На сегодняшний день в гражданских зданиях не в полной мере созданы условия для беспрепятственного доступа МГН к объектам социальной инфраструктуры. Целью настоящей статьи является разработка рекомендаций по устройству пандусов, как одних из основных элементов, обеспечивающих доступность путей передвижения для МГН. Пандусы в зданиях и сооружениях, а также на открытых пространствах представляют собой специальную плоскую конструкцию с незначительным уклоном для облегчения передвижения людей с ограниченными физическими возможностями, а также для подъема или спуска небольшого транспортного средства на колесах. Они заменяют конструкции лестниц и обеспечивают взаимосвязь между разными уровнями поверхностей по высоте и должны быть надежными и безопасными в эксплуатации.

**Ключевые слова:** пандус, проектирование, гражданские здания, маломобильная группа населения, элемент, современные требования, безопасность, градостроительство.

## Introduction

According to the current regulatory legal documents, chapter 2, articles 34 and 39 of the Constitution of the Republic of Tajikistan, the Law of the Republic of Tajikistan "On social protection of disabled people" from December 29, 2010 No. 675, articles 4 and 64 of the Town planning code of the Republic of Tajikistan from December 28, 2012, under No. 933, urban planning norms and rules of the Republic of Tajikistan, GNiP RT 35-01-2012 "Accessibility of buildings and structures for people with limited mobility" [1], SNiP RT 35-02-2019 "Social institutions for children with disabilities" [2], as well as other legislative acts of the Republic of Tajikistan, international standards in the field of design, construction and repair of new and existing civil buildings, it is necessary to ensure the availability of the architectural and spatial environment for people with physical disabilities.

## Objective:

- ensuring the availability of a comfortable and safe environment for people with limited mobility in civil buildings;
- development of recommendations for the design of ramps in civil buildings for people with limited mobility.

### Methodology and methods of work:

Analysis of the current state and development of design principles for various ramps in civil buildings, taking into account modern regulatory requirements for urban planning.

### General principles

Accessibility, in a broader sense, is the creation of an accessible living environment for all groups of people, the provision of functional conditions for people to access residential, public and other buildings. Special inclined planes (ramps) are used to ensure unhindered and free entry into the building using interfloor communication routes for people with limited mobility. In accordance with the current norms and rules for design and construction in all buildings and structures, regardless of their functional purpose, in order to ensure the availability of a comfortable and safe environment for people with disabilities [5], it is mandatory to provide ramps of various sizes, both inside buildings and in the adjacent area. A ramp is an inclination path that connects the space-planning elements of a building located at different heights. [1-4] (Figure 1) . There are ramps with simple and complex shapes.

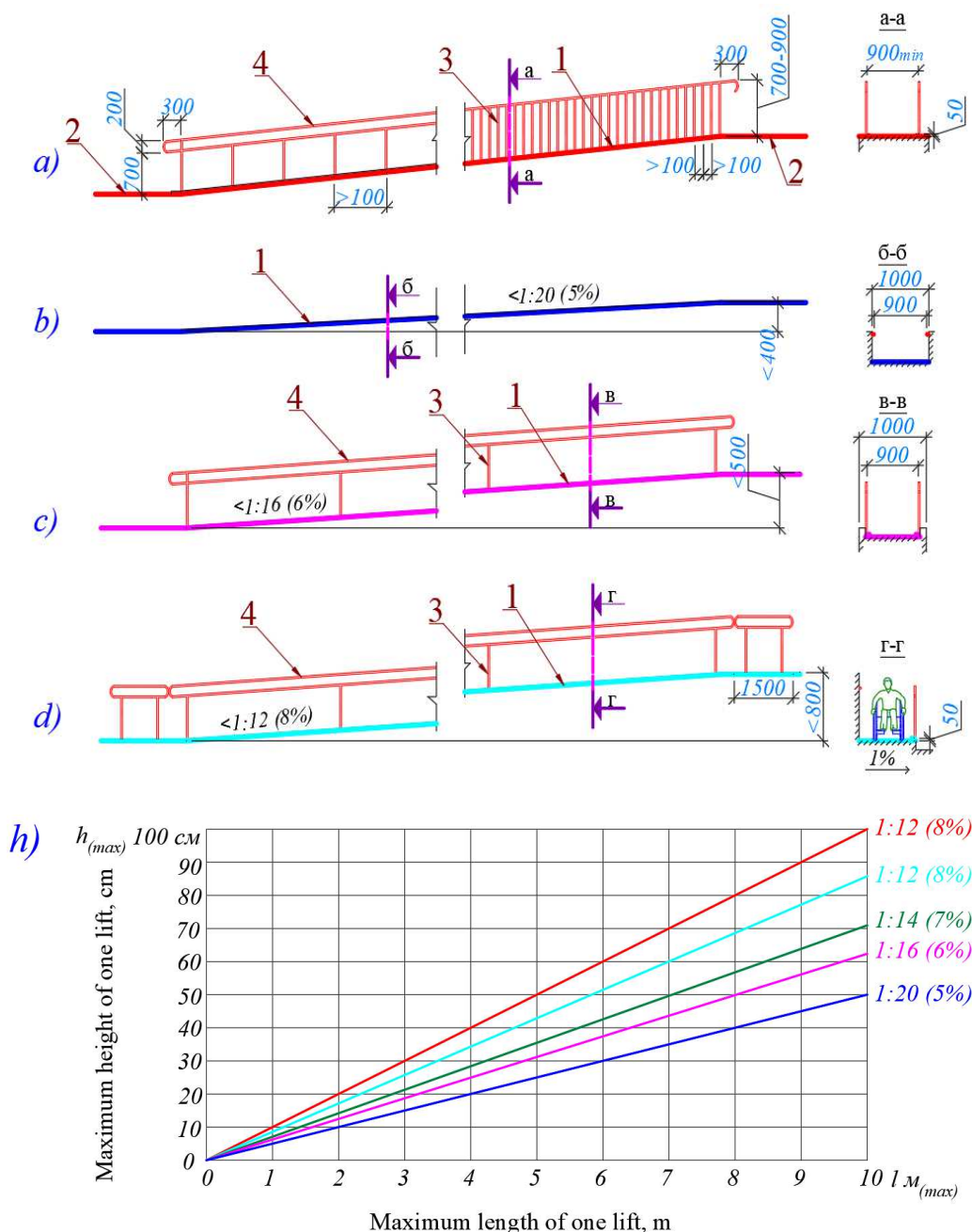


Figure 1. Recommended parameters for ramps

a) guardrails of the ramp, b) the height of the ramp with a slope of 1:20 (5%), c) the height of the rise of the ramp with a slope of 1:16 (6%), d) the height of the rise of the ramp with a slope of 1:12 (8%), h) graph of the

*ratio of the height and length of the ramp.* 1 - tilting the surface of the ramp, 2 - platform, 3 - railings, 4 - handrails.

The ramp consists of three parts. the horizontal platform is located at the beginning of the ramp - this is the first part; the second part - consists of an inclined surface; the third part is a horizontal platform which is located at the end of the ramp.

Ramps of complex shape are mainly made of reinforced concrete structures. The ramp covering must have a non-slippery surface (asphalt, cement, paving stones, etc.), and their fences must be made in the form of enclosing staircase handrails.

Ramps must correspond to the following four basic requirements:

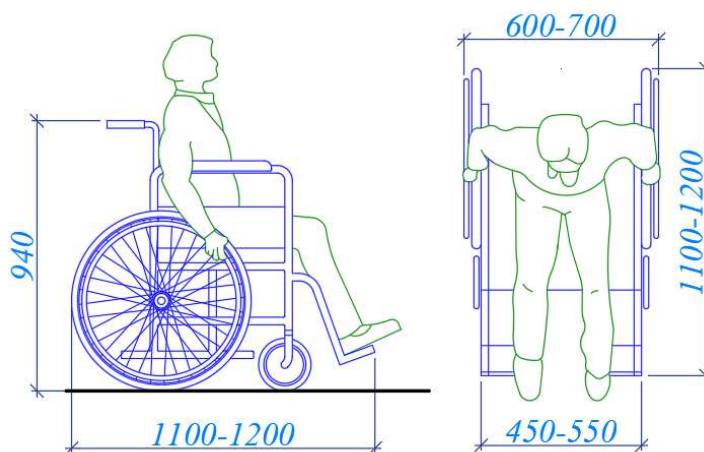
- 1- Availability;
- 2- Security;
- 3- Presence of informative signs;
- 4- Comfort.

Based on these regulatory requirements of urban planning, the following dimensions are established for ramps:

- The height of one march of the ramp should not exceed 0.8 m;
- The slope of the inclined position of the ramp should be from 5 to 8% (Figure 5) slopes of 1:12 and 1:10 are suitable ramps for wheelchairs [5,6];
- The width of the ramp must be at least 1.0 m (when moving only in one direction), and in other cases;
- The width of the lane is taken in accordance with table 1;
- The horizontal section of the ramp must be at least 1.5 m deep when driving on a straight road or on slopes.

The load-bearing and enclosing structures of the ramps must be made of non-combustible and non-slip materials.

For people with limited mobility moving in a wheelchair, the dimensions of the platforms necessary for turning the wheelchair by 90°, 180° and 360° are essential, Figure 2 [1-3].



*Figure 2. Overall dimensions of the wheelchair*

The recommended dimensions of the wheelchair platform for people with limited mobility depend on its size and must be at least: 1.3x1.3 m for a 90° turn, 1.3x1.4 ÷ 1.5 m for a 180° turn and 1.5x1.4 ÷ 1.5 m for 360° turn (Fig. 3) [5,6].

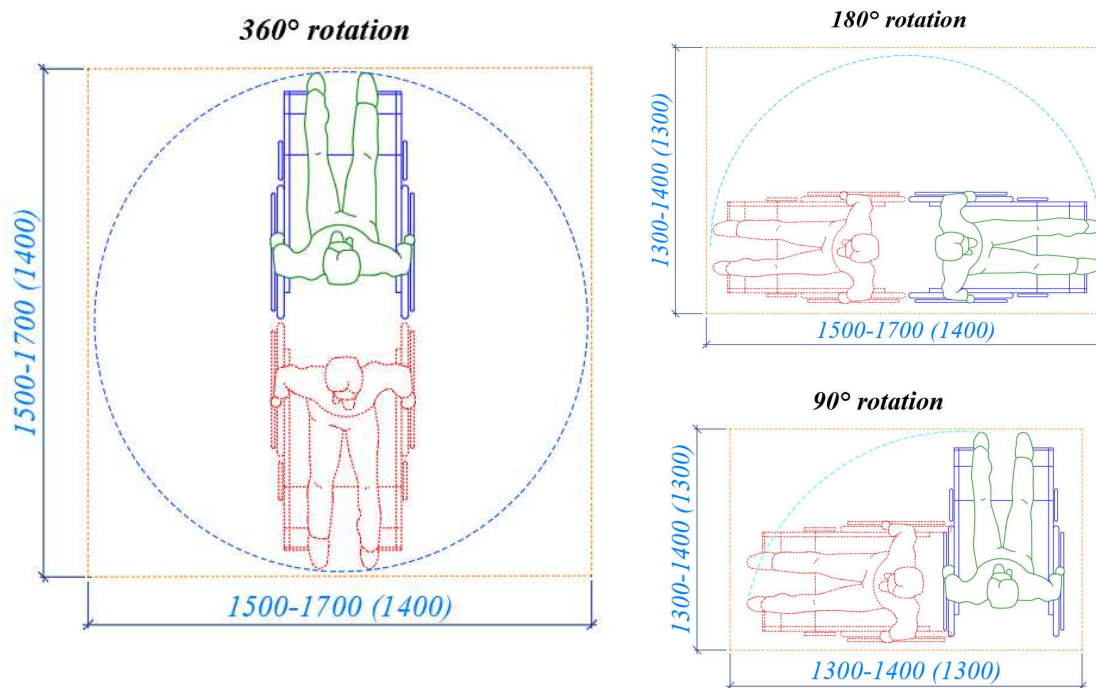


Figure 3. Optimal (normalized) sizes of wheelchair turn zones

The most common mistake of architects is, when they design, they either forget to provide a horizontal platform at the base of the ramp, or their dimensions are insufficient that the wheelchair user can drive up to its inclined part. In these circumstances, people with disabilities will not be able to use the ramp on their own. Therefore, it is important that the size of the upper level platform allows horizontal placement of the wheelchair. Thus, it will provide a safe and stable position of the wheelchair, in which people with disabilities will be able to remove their hands from the wheelchair, freeing them for other activities. That is, at the beginning and end of each slope of the ramp, horizontal platforms should be arranged with a width not less than the width of the ramp.

Horizontal platforms and outer edges of the ramp, according to urban planning standards, must be equipped with sides and a height of at least 0.05 m. In accordance with this technology, the wheelchair of people with disabilities will not slip. The enclosing border is the most important part of the ramp, which must not be forgotten (Fig. 1).

Thanks to this type of ramps, a wheelchair will not change its direction when passing an intermediate inclined surface. When constructing a straight ramp, according to the standard, the width of the intermediate platform should be at least the dimensions shown in Figure 4.

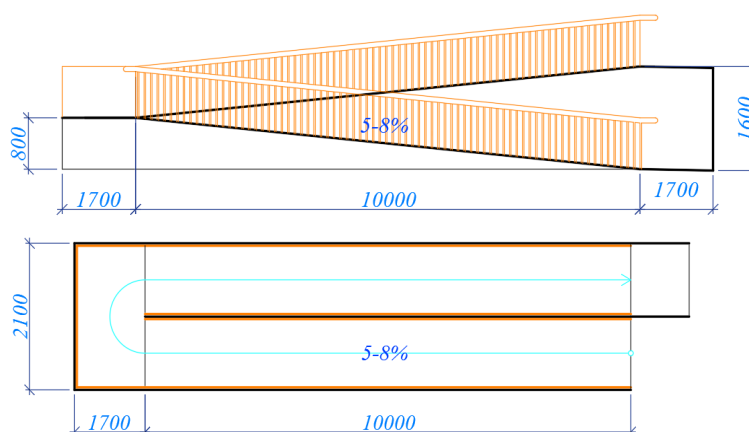


Figure 4. Dimensions of the occupied area during the rotation of the wheelchair on the platform of the ramp

The area shown in Figure 4 will be sufficient for the wheelchair to turn 90° 180°, 360°. Handrails with handrails installed on both sides of the ramp.

If the slope of the ramp is more than 8%, then this will cause certain difficulties for moving a wheelchair. Installing handrails on both sides will make it easier for people with disabilities to move by themselves, grabbing onto them with their hands.

For the most part, the handrails of the railings of the ramps have a double height of 0.7 and 0.9 m (Fig. 1). For preschool children, the height of the railing handrails will be 0.5 m. When designing handrails at a distance of 1800mm, it must be taken into account that the disabled will be able to grab the handrail from one side only. It should be noted that the most optimal distance between the handrails for the most convenient grip with both hands will be - 900 mm (Fig. 1).

The length of the handrails should exceed the length of the ramp on each side by at least 0.3 m. This is a prerequisite, because when climbing up, a disabled person in a wheelchair grabs the handrails slightly in front of the wheelchair and pushes the wheelchair up with sharp movements.

The disabled person slows down the wheelchair in the process of descending from the ramp, holding on to the railing slightly in front of him. When exiting the ramp, a person will have difficulties if, the handrails do not have protruding horizontal sections.

The surface of the railing handrails of the ramps must be strictly parallel to the surface of the ramp itself, taking into account the adjacent horizontal sections, while being continuous along the entire length. Handrails must have a circular section with a diameter of at least 3 cm and not more than 5 cm or a rectangular section with a diameter of not more than 4 cm.

**Calculation of the inclination of ramps by Geometric Methods**

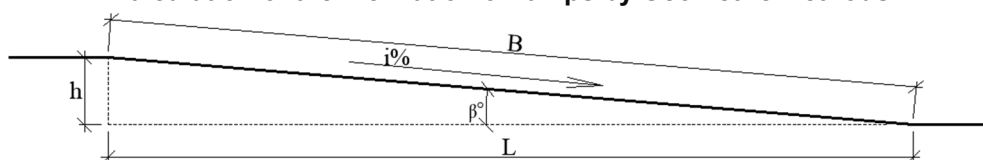


Figure 5. Determining the inclination of the ramp

The slope of the ramp is determined by the following formula:

$$i = \frac{h}{L} \cdot 100\%$$

Where: h-the height of the ramp; L – the length of the ramp. if  $h = 0.8\text{m}$ ;  $L = 10\text{m}$ ;

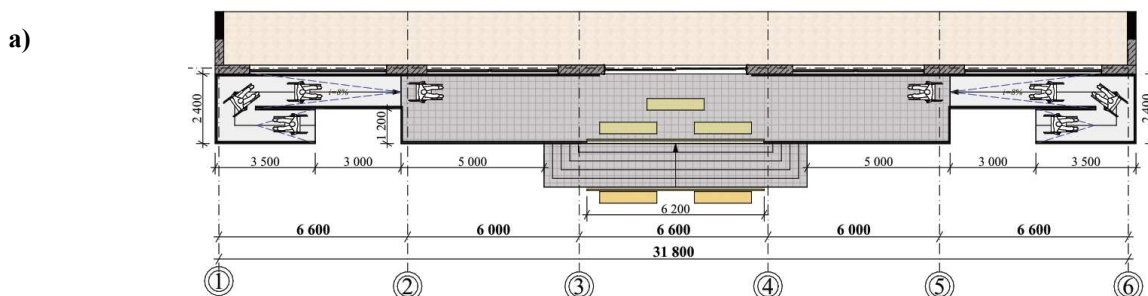
$$i = \frac{h}{L} \cdot 100\% = \frac{0.8}{10} \cdot 100\% = 8\%$$

Consider the relationship between the angle of the ramp and its slope based on the definition of the tangent (tan). Accept  $\text{tg}45^\circ = 100\%$ ;  $\tan \beta = 8\%$ ;  $\tan \beta = \frac{\text{tg}45^\circ \cdot 8\%}{100\%} = \frac{1 \cdot 8\%}{100\%} = 0,08$ ;  $\beta = \arctan 0.08 = 4.57^\circ$ ; or as

usual  $\tan \beta = \frac{h}{l} = \frac{0.8}{10} = 0,08$ ;  $\beta = \arctan 0.08 = 4.57^\circ$ ; we offer a variety of ramps in civil buildings (table 1, figure 6).

Table 1. Recommended dimensions of ramps in civil buildings

Slope %	tgβ°	Length m		Width m		Height m	
		Single-march	Two-march	One way	Two way	Single-march	Two-march
5	2,86	16	8	1	1,8	0,8	0,4
5,5	3,14	14,7	7,37	1	1,8	0,8	0,4
6	3,43	13,4	6,7	1	1,8	0,8	0,4
6,5	3,72	12,2	6,1	1	1,8	0,8	0,4
7	4	11,4	5,7	1	1,8	0,8	0,4
7,5	4,3	10,7	5,35	1	1,8	0,8	0,4
8	4,57	10	5	1	1,8	0,8	0,4





b)

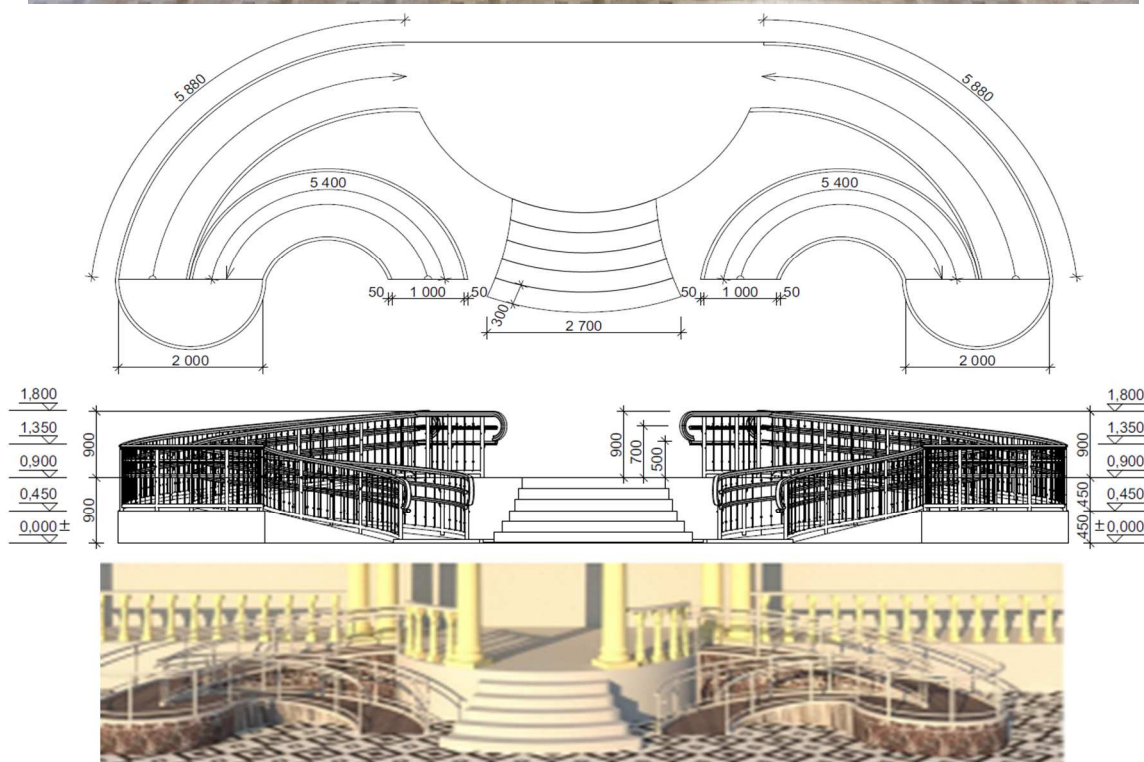


Figure 6. Recommended planning solutions for ramps in civil buildings.

(a) - the shape of the ramp is rectangular multi-inclined; (b) - the shape of the ramp is curvilinear multi-inclined

### Conclusions

In conclusion, it is important to note that correctly installed ramps that comply with urban planning standards are used not only by the disabled, but also by people without physical limitations. Because they are more comfortable in terms of many physiological parameters, which allows the person to spend less energy while using. Thus, the design and construction of ramps for civil buildings (residential, public, preschool, school, medical, social, and entertainment) is an indispensable element that needs to be given special attention.

### REFERENCES

1. Urban planning norms and rules of the Republic of Tajikistan GNiP RT 35-01-2012. Accessibility of buildings and structures for people with limited mobility / Committee for Architecture and Construction under the Government of the Republic of Tajikistan. - Dushanbe: Publisher: GUP "NIISA", "Publishing Center", 2014. - 109p.
2. SNiP RT 35-02-2019 "Social institutions for disabled children" / Committee for Architecture and Construction under the Government of the Republic of Tajikistan. - Dushanbe. Publisher: GUP "NIISA", "Publishing Center", 2020. - 24 p.
3. SNiP RT 35-01-2001 "Accessibility of buildings and structures for people with limited mobility" (adopted by the resolution of the Gosstroy of the Russian Federation of July 16, 2001 N 73)
4. Shokirov R.M. Khasanov N.N. Calculation of evacuation in educational institutions for children with disorders of the musculoskeletal system Modern technologies: topical issues, achievements and innovations: collection of articles of the XXII International Scientific and Practical Conference. - Penza: ICNS "Science and Education". - 2018. - 156 p.
5. Leontieva E.G. "Accessible environment through the eyes of a disabled person" BASKO Publishing House 2011 64st.
6. Accessible environment for the disabled BELARUS, Gomel region, 247760, Strakonitsky boulevard, 24 building 1. t. +375235150960, mob. tel. +375297375577. e-mail: shevko@list.ru <http://www.invalid.of.by>.

7. Young Oh Choi, Ho Young Lee, Myoung Hee Lee, Oh Hyun Kwon. Effects of ramp slope on physiological characteristic and performance time of healthy adults propelling and pushing wheelchairs. *J Phys Ther Sci*. 2015 Jan; 27(1): 7–9. Published online 2015 Jan 8. doi: [10.1589/jpts.27.7](https://doi.org/10.1589/jpts.27.7).
8. Chung Sik Kim, Donghun Lee, Min K. Chung. Effects of ramp slope on usability when a wheelchair is propelled by attendant. First Published September 1, 2012 Research Article. <https://doi.org/10.1177/1071181312561131>

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS BACKGROUND)**

TJ	RU	EN
Шокиров Рачабалӣ Махмадалиевич	Шокиров Раджабали Махмадалиевич	Shokirov Rajabali Mahmatalievich
Доктор PhD	Доктор PhD	Doctor PhD
ДТТ ба номи академик М.С.Осими	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
Rajabali.1992@bk.ru		
0000-0002-9148-3006		



УДК 721; 628.8

## РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ В ГОРОДЕ ДУШАНБЕ

Б.А. Гулямов

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

**Аннотация.** В статье рассматриваются энергосбережение зданий, а также способ уменьшения потребления энергии использованием энергии солнца через пассивные, активные системы путем наиболее оптимальных форм здания в плане. Рассмотрена наиболее эффективная гелиосистема для обеспечения горячего водоснабжения, (ГВС) включающая в себя основные компоненты, такие как солнечный коллектор, трубопровод, контроллер, насосный модуль, водяной бак-накопитель.

Предложен расчет солнечного коллектора для реализуемого проекта с определением числа трубок коллектора, энергии поглощения одной трубки, площади поглощения вакуумных трубок и тепловой мощности трубок коллектора.

В работе приведены таблицы дневного поступления солнечной энергии на поверхность земли для широты 38,35°, среднесуточное количество солнечных часов, дневная сумма солнечной радиации горизонтальной площадки в городе Душанбе с учетом климатических особенностей территории и приведены результаты экономии энергии в отопительный период и летнее время года.

**Ключевые слова:** планировка, пассивный, активный, здание, проектирование, энергосбережение, гелиоколлектор, солнечная энергия, расчет.

### ҲИСОБ ВА ЛОИҲАКАШИИ КОЛЛЕКТОРИ ОҒТОБӢ БАРОИ БИНОҶОИ ИНДИВИДУАЛӢ ДАР ШАҲРИ ДУШАНБЕ

**Аннотатсия.** Дар мақола сарфаҷуи энергияи биноҳо, инчунин роҳҳои кам кардани масрафи энергия бо истифода аз энергияи оғтоб тавассути системаҳои ғайрифаёл, фаёл ва тавассути шаклҳои оптималии биноҳо дар тарҳ барраси шудааст. Инчунин, интиҳоби самараноктарин системаи оғтобӣ барои таъмини оби гарм (ТОГ), ки чузӯҳои асосии он аз коллекторҳои оғтобӣ, модули фишорафзо бо гурӯҳи бехатарӣ, кубур, назоратчи, зарфи нигоҳдорӣ об ва манбаи захиравии энергияро дар бар мегирад.

Ва инчунин ҳисоби коллектори оғтобӣ барои таъмини оби гарм пешниҳод карда шуд, муайян кардани майдони азхудкунии кубури вакуумӣ, азхудкунии энергияи як кубур, миқдори зарурии кубурҳо ва иқтидори гармии кубурҳои коллектор пешниҳод карда шуд.

Дар мақола ҷадвалҳои нурпӯшии миёнаи якмоҳаи умумии энергияи оғтобӣ ба сатҳи замин дар арзи 38,35°, миқдори миёнаи шабонарӯзии соатҳои оғтоби, миқдори шабонарӯзии радиатсияи оғтобии мавзен уфуқӣ дар шаҳри Душанбе дар асоси омӯхтани хусусиятҳои иқлимӣ ҳудуд оварда шудаанд, инчунин натиҷаҳои сарфаи энергия дар давраи сардии сол ва гармии сол.

**Калидвожаҳо:** тарҳрезӣ, ғайрифаёл, фаёл, бино, лоиҳакаши, сарфаи энергия, коллектори оғтобӣ, энергияи оғтобӣ, ҳисоб.

### CALCULATION AND DESIGN OF A SOLAR COLLECTOR FOR INDIVIDUAL BUILDINGS IN DUSHANBE CITY

**Annotation.** The article discusses the energy saving of buildings, as well as a way to reduce energy consumption using solar energy through passive, active systems and through the most optimal forms of the building in terms of. Also, the choice of the most efficient solar system for providing hot water supply (HWS), which includes the main components such as solar collectors, a pump module with a safety group, a pipeline, a controller, a water storage tank and a backup energy source.

And also the calculation of the solar collector for the (HWS) project being implemented was proposed, the absorption area of the vacuum tube, the absorption energy of one tube, the required number of tubes and the heat output of the collector tubes were determined.

The paper presents tables of the average monthly daily intake of total solar energy on the earth's surface for a latitude of 38.35°, the average daily number of hours of sunshine, the daily amount of solar radiation of a horizontal site in the city of Dushanbe based on the study of the climatic features of the territory, the results of energy savings during the heating period and summer time of the year.

**Key words:** planning, passive, active, building, design, energy saving, solar collector, solar energy, calculation.

### Введение

На первом этапе проектирования солнечного дома наиболее важными факторами считаются выбор оптимальной формы здания и эффективность активных систем использования энергии солнца (АСИЭС).

Современные гелиосистемы, следуя основным принципам расчета конструкций, работают эффективнее ранее используемых. Теоретически гелиосистемы в состоянии обеспечить до 90 % потребностей в горячей воде.

Цель работы:

- выбор наиболее эффективной гелиосистемы для обеспечения горячего водоснабжения (ГВС);
- выявление основных требований к установке гелиосистемы;
- определение среднесуточного количества солнечных часов для города Душанбе;
- определение необходимого числа трубок солнечного коллектора для широты 38,35°;
- расчет солнечного коллектора для горячего водоснабжения (ГВС);
- выявление экономии энергии в отопительный период и летний период года.

### Методология и методы проведения работы

Существующий метод расчета солнечного коллектора для горячего водоснабжения индивидуального дома и определение экономии энергии в отопительный и летний период года.

### Принципиальная конструктивная схема системы

Географическое расположение местности, объекта исследования является важным фактором при правильном выборе и грамотном монтаже гелиосистем [1].

С целью выявления приемлемости объемно-планировочного решения зданий с пассивными и активными системами использования энергии солнца в климатических условиях города Душанбе можно применить следующие характерные инженерные решения.

Принципиально такая гелиосистема горячего водоснабжения (ГВС) включает в себя основные компоненты, предназначенные для обеспечения отопления, такие как солнечные коллекторы, трубопровод, контроллер, насосный модуль, водяной бак-накопитель и др. (рисунок 1).

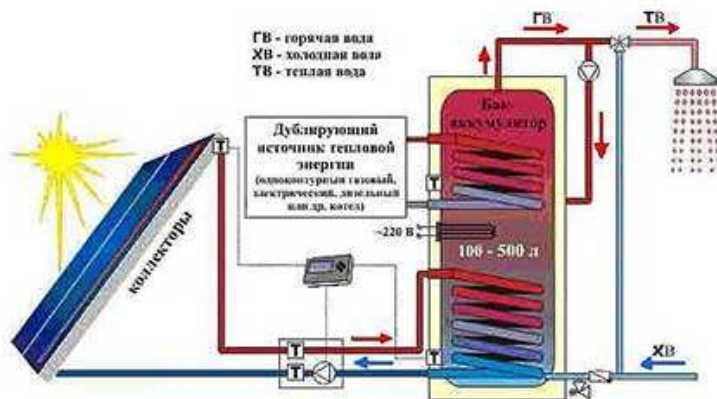


Рис. 1. Принципиальная схема гелиосистемы теплоснабжения

В гелиосборнике (солнечном коллекторе) солнечная энергия поглощается. Он является основным рабочим модулем гелиосистем, который нагревается за счет первичных теплоносителей. Коллекторы устанавливаются в таких конструктивных частях зданий, как стены, кровли, плиты перекрытия и покрытий. Одновременно они могут являться самостоятельным функционирующим устройством (рисунок 3).



Рис. 2. Гелиоколлекторы на крыше дома: а – плоские, б – трубчатые вакуумные

При установке гелиосистем необходимо правильно учитывать направление движения солнца, наклон и ориентацию крыш домов, наружных стен и установленных на них по периметру гелиосборников.

Всевозможные типы теплоносителей, в том числе и вода нагреваются в гелиосборнике. Как правило, циркуляция осуществляется естественным путем, а в данном случае циркуляцию жидкости в коллекторе обеспечивает насос. Автоматический процесс аккумуляции тепла регулируется посредством контроллера, управляя работой насоса гелиосистемы. Также автоматически запускается резервный источник энергии в случае недостатка источников первого рода [2].

По виду используемого теплоносителя в основном гелиосистемы бывают жидкостными (вода, антифриз). Также встречаются системы круглогодичной продолжительности работы, актуальные для стран с холодным климатом.

В жаркое время года, особенно в летний и переходные периоды, когда температура окружающей среды выше отметки нуля, используются сезонные гелиосистемы горячего водоснабжения. Как правило, они бывают одноконтурными. В качестве отопления здания используют двухконтурные или многоконтурные гелиосистемы. В качестве теплоносителя в разных контурах выступают разные материалы, к примеру, в конечном контуре – воздух, а в промежуточном – вода и, в самом гелиоконтуре – незамерзающий раствор (антифриз). В большинстве случаев это относится к круглогодичным системам, а не к сезонным с теплогенераторами на основе органического топлива.

Основной задачей расчета является определение выработки теплоты с помощью вакуумного солнечного коллектора в условиях города Душанбе.

Для определения количества теплоты в солнечной водонагревательной установке необходимо учитывать следующие факторы:

- интенсивность солнечной радиации, меняющейся в зависимости от периода года;
- угол наклона солнечного коллектора и углы падения солнечных лучей в дневное время суток;
- расчет мощности солнечного коллектора;
- подсчитать необходимое количество тепла  $Q$  для обеспечения семьи из  $(N-4)$  количества человек горячей водой;
- определить суммарный объем емкостного нагревателя  $V$  для суточной потребности человека;
- определить количество трубок  $z$  вакуумного коллектора проектируемого дома, необходимое для нагрева воды в самый холодный и самый жаркий месяц;
- коэффициент полезного действия (КПД) коллектора в зависимости от температуры наружного воздуха.

Как нам известно город Душанбе расположен на широте  $38^{\circ}35'$  и необходимо определить среднемесячное дневное поступление суммарной солнечной энергии на поверхность земли, которое представлено в таблице 1.

Таблица 1. Среднемесячное дневное поступление суммарной солнечной энергии на поверхность земли  $E_0$ , МДж/(м<sup>2</sup>·день) для широты  $38^{\circ},35'$ .

Среднегодовой поток											7594
Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
337	430	663	768	896	914	900	808	665	533	358	302

Ежедневные метеорологические данные для г. Душанбе использовались при определении степени облачности за 2018 г., принятые в соответствии с ГНиП РТ 23-01-2018 «Строительная климатология». По ежедневным данным было рассчитано количество дней в процентном отношении с разной облачностью. Облачность Добл, %, в зависимости от которой изменяется дневное поступление суммарной солнечной энергии на поверхность земли, для города Душанбе по месяцам сведена в таблице 2 и рисунке 4 [3].

Для определения среднесуточного количества солнечных часов использовались нормативные данные ГНиП РТ 23-01-2018 «Строительная климатология» солнечного вакуумного коллектора.

Таблица 2. - Среднесуточное количество солнечных часов для города Душанбе(Вт/м<sup>2</sup>)

Среднегодовой поток											10,05
Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
6,8	7,0	8,0	10,2	11,9	13,9	13,9	13,4	12,1	9,6	7,4	6,5

На эти показатели влияют солнечные часы дня, а также облачность дневного времени.

Данный график показывает усредненное количество часов за день, в течение которых прямые солнечные лучи достигают поверхности земли<sup>4</sup>.

Таблица 3. -Таблица исходных данных.

Кол-во чел. N	Детей. n	$t_{вх}$ °C	$t_{вых}$ °C	город	Дневная сумма солнечной радиации $E^{хол}$ гориз, кВт·ч/м <sup>2</sup> Самый холодный месяц (декабрь)	Дневная сумма солнечной радиации $E^{гор}$ гориз, кВт·ч/м <sup>2</sup> Самый жаркий месяц(июль)
1	2	3	4	5	6	7
4	-	10	50	Душанбе	1,88	8,41

<sup>4</sup> ПРИМЕЧАНИЕ:

- 1) По данным на среднего человека расходуется в день приблизительно 50 литров воды, на ребенка 25 литров.
- 2) Расчет произведем с учетом количества энергии, получаемой с площадки под оптимальным углом наклона.
- 3) Учтем, что трубки солнечного коллектора преобразуют излучение в тепло, не всей площадью.

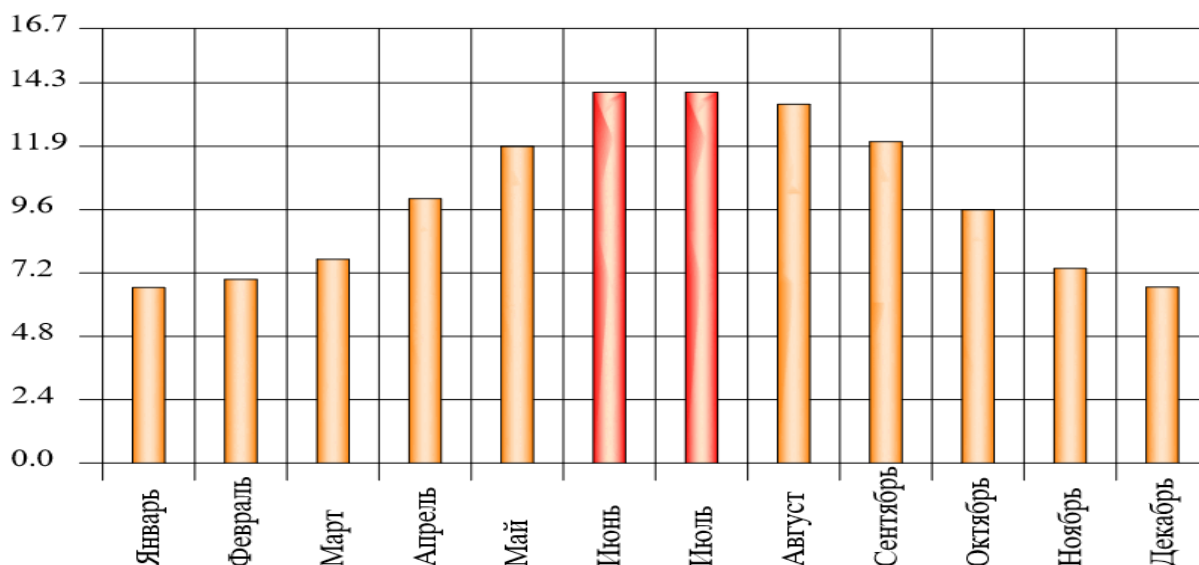


Рисунок 3. Среднесуточное количество солнечных часов для города Душанбе

Таблица 4. - Дневная сумма солнечной радиации  $E_{гориз}$ , кВт·ч/м<sup>2</sup> (горизонтальная площадка)

Город	Янв	Фев	Март	Апр	Май	Июнь	Июль	Авг	Сент	Окт	Нояб	Дек	За год
Душанбе	2,16	2,80	3,96	5,23	6,97	8,18	8,41	7,58	6,07	4,14	2,68	1,88	4,34

Порядок расчета

1. Объем бака: для определения объема бака используем следующую формулу:

$$V = (50 \cdot N) \cdot K_3 + (25 \cdot n) \cdot k_3 \quad (1)$$

здесь

$$K_3 = 1,5 \text{ суток}$$

$$V = (50 \cdot 4) \cdot 1,5 = 300 \text{ л.}$$

Таким образом, средняя температура входящей воды  $t_{вх} = 10^\circ\text{C}$ , и она должна быть нагрета до  $t_{вых} = 50^\circ\text{C}$ .

Определяем температуру выходящей воды по формуле:

$$\Delta t = t_{вых} - t_{вх} = 50 - 10 = 40^\circ\text{C} \quad (2)$$

2. Для нагрева 300 л воды определяем необходимую энергию: на нагрев 1 литра воды на 1 градус необходимая энергия 1 Ккал, а для нагрева 300 литров на 40 градус нужно затратить:

$$Q = V \cdot \Delta t \quad (3)$$

$$Q_{необх} = 300 \cdot 40^\circ\text{C} = 12000 \text{ Ккал}$$

Для перевода килокалорий в киловатт-часы воспользуемся следующей формулой (1 кВт·ч = 859,8 Ккал) [4]. поэтому

$$Q_{необх} = 12000 / 859,8 = 13,956 \text{ кВт·ч}$$

Таким образом, количество необходимой энергии для нагрева воды составляет 13,956 кВт·ч в сутки.

3. Определяем угол наклона солнечных коллекторов в г. Душанбе. Значение солнечной радиации принимаем по таблице 4. В июле солнечная энергия для горизонтальной площадки на 1 м<sup>2</sup> составляет  $E_{гориз} = 8,41 \text{ кВт·ч/м}^2$  в день, а в феврале  $E_{гориз} = 2,80 \text{ кВт·ч/м}^2$  в день [5,6].

Для того чтобы перевести количество энергии, получаемую с горизонтальной площадки с оптимальным углом наклона в энергию необходимую для нагрева воды, значение площадки умножить на 1,2.

Для города Душанбе в таблице "Дневная сумма солнечной радиации, кВт·ч/м<sup>2</sup> горизонтальная площадка" указано среднесуточное (доступное в течение суток) значение энергии солнечного излучения =  $8,41 \text{ кВт·ч/м}^2$ , тогда в июле:

$$E_{опт} = 8,41 \cdot 1,2 = 10,09 \text{ кВт·ч/м}^2 \quad (4)$$

Коэффициент полезного действия (КПД) вакуумного солнечного коллектора принимаем ~ 67% - 80%.

В день передачи поглощенной энергии вакуумными трубками коллектора равно

$$E = E_{опт} \cdot \text{кпд} = 10,09 \times 0,7 = 7,06 \text{ кВт·ч/ м}^2 \text{ в июле.}$$

В день передача поглощенной энергии вакуумными трубками коллектора равно

$$E = 3,36 \cdot 0,7 = 2,35 \text{ кВт·ч/ м}^2 \text{ в феврале.}$$

Определяем площадь поглощения вакуумных трубок  $S_{погл}$ , м<sup>2</sup>

Рассмотрим стандартные солнечные коллекторы с вакуумными трубками с параметрами:

- диаметр  $D=58$  мм;
- длина  $L=1800$  мм;

Для определения площади боковой поверхности трубок вакуумного коллектора используем следующую формулу:

$$S = 2\pi LR \text{ или через диаметр } S = \pi DL \quad (5)$$

где: число Пи ( $\pi$ ) = 3,14,  $R$  - радиус цилиндра,  $L$  - высота цилиндра (длина стороны),  $D$  - диаметр цилиндра.

Трубки солнечного коллектора преобразуют излучение в тепло по всей площади, однако наиболее эффективно преобразование происходит на освещенной стороне трубок, то есть, чтобы определить площадь поглощения, надо разделить общую площадь трубок или трубки коллектора на 2, определение происходит по следующей формуле:

$$S_{\text{погл}} = \pi DL/2, \text{ м}^2 \quad (6)$$

При упоминании вакуумных трубок имеем в виду "стандартные" вакуумные трубки, которые используют большинство производителей.

Таким образом, определяем энергию поглощения одной трубки.

Солнечные коллекторы способны поглощать до 80 % энергии солнца, передача поглощенной энергии вакуумными трубками равна:

$$E_{\text{погл}} = E \cdot S_{\text{погл}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (7)$$

где:  $E$  - дневная сумма солнечной радиации,  $S_{\text{погл}}$  – энергия солнца, поглощавшаяся солнечным коллектором, результаты расчета приведены в таблице 5 по месяцам.

Таблица 5. - Энергия поглощения одной трубки каждого месяца года.

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
$E_{\text{погл}}$	1,512	1,96	2,77	3,66	4,88	5,73	5,89	5,31	4,25	2,90	1,88	1,32

Определяем площади поглощения коллектора для каждого месяца года.

Площадь поглощения вакуумной трубки  $D= 58$  и  $L= 1800$  мм составляет  $0,08 \text{ м}^2$ . определяем способность получения и передачи солнечного тепла по формуле:

$$S_1 = P_1 \cdot 0,08 \quad (8)$$

Результаты расчета способности получения и передачи солнечного тепла коллектором приведены в таблице 6 по месяцам.

Таблица 6. - Площадь поглощения коллектора для каждого месяца года.

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
$S_1$	0,120	0,1568	0,221	0,292	0,390	0,458	0,47	0,42	0,34	0,232	0,150	0,105

4. Определяем необходимое число трубок  $z$ .

Из выше вычисленных значений определим количество трубок, которые надо установить:

$$Z = Q / E_{\text{погл}}$$

Энергия, которую необходимо затратить на нагрев нужного количества воды, составляет:  $Q = 13,956$  кВт·ч.

Энергия, которую может передать одна вакуумная трубка в зависимости от месяца, составляет  $E_{\text{погл}} = S_i$  кВт·ч, тогда:

Таблица 7. - Необходимое число трубок коллектора для каждого месяца года

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
$nn$	116	89	63	48	36	31	30	33	41	60	93	133

Для требуемой энергии  $Q = 13,956$  кВт·ч на нагрев воды принимаем 31 вакуумную трубку.

Определяем количество трубок коллектора на  $1\text{м}^2$  поверхности на самый холодный и жаркий месяц года.

Таким образом, определили, что в феврале на 1 квадратный метр понадобится 6,41 штук коллектора, а для июля - 2,2 штук. Округляем и среднее количество трубок на  $1\text{м}^2$  поглощающей поверхности коллектора и примем 5 вакуумных трубок [7].

Рассчитываем тепловую мощность трубок коллектора

Годовая величина инсоляции в городе Душанбе 1615 кВт·час/м<sup>2</sup> Спогл (величина инсоляции в Душанбе) · (КПД солнечного коллектора).

Годовая мощность одной трубки =  $0,21 \cdot 1615 \cdot 0,8 = 271,3$  кВт и тепловая энергия, вырабатываемая 1м<sup>2</sup> солнечного коллектора в год составит:  $271,3 \cdot 5 = 1357$  кВт

Для определения годовой эффективности одной трубки в г. Душанбе следует использовать инсоляционные данные в формуле расчета дневной мощности. На место 1615 используем региональное значение инсоляции.

Энергия, вырабатываемая при помощи одной трубки, составляет от 202,5 в феврале (при использовании КПД в размере 80 %) до 607,2 кВт·час/м<sup>2</sup> в июле. В среднем за сутки одна вакуумная трубка теплового коллектора вырабатывает 0,6448 кВт·час.

В наиболее солнечные месяцы (июнь, июль) одна трубка приблизительно вырабатывает 0,987 кВт·час.

Можно сэкономить электроэнергию в Душанбе при использовании одного м<sup>2</sup> коллектора (как мы выяснили, это 5 вакуумных трубок).

Экономия энергии в отопительный период составит:

при КПД 67%:  $169,6 \text{ кВт·час/м}^2 \cdot 31 = 5258 \text{ кВт·час/м}^2$

при КПД 80%:  $202,5 \text{ кВт·час/м}^2 \cdot 31 = 6278 \text{ кВт·час/м}^2$

Экономия энергии в летний период составит:

При КПД 67%:  $508,5 \text{ кВт·час/м}^2 \cdot 31 = 15764 \text{ кВт·час/м}^2$

При КПД 80%:  $607,2 \text{ кВт·час/м}^2 \cdot 31 = 18823,2 \text{ кВт·час/м}^2$

Ежедневно одним человеком при потреблении горячей воды в домохозяйстве используется от 2 до 4 кВт энергии. В результате, при учете всех неблагоприятных обстоятельств, таких как пасмурная или дождливая погода, можно сэкономить электроэнергию, используемую для подогрева воды [8].

### Вывод

В конечном итоге нами получены результаты расчёта необходимых вакуумных солнечных трубок, площадь поглощения одной трубки, необходимой на затраты энергии, на нагрев нужного количества воды, энергия, получаемая от одной вакуумной трубки, и среднесуточное количество солнечных часов для города Душанбе. Можно заявить, что для приготовления нужного количества горячей воды количество трубок может существенно отличаться в зависимости от времени года. По результатам расчета, в июле необходимо 31 трубка, а в феврале - 89 трубок. При подборе количества трубок коллектора будет считаться правильным решением учет максимальной солнечной инсоляции. Для семьи из четырех человек в городе Душанбе необходим бак-накопитель на 300 литров и солнечный коллектор из 31 трубки.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ю.А. Матросов. Энергоэффективность и экология основа современных требований к теплозащите зданий // ACADEMIA. 2009г. №5 С. 283-290.2. <http://www.rosbalt.ru/2008/12/03/547183.html>. <http://www.kubmarket.ni/news/view/15197>.
2. В.С. Лесовик. Экологические аспекты строительного материаловедения // Жилищное строительство. 2008г. №6 С.20-21.
3. Береговой А.М. Здания с энергосберегающими конструкциями. Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук, Пенза, 2005г.- С 256-260.
4. Соловьев А.К. Физика среды. Учебник: М.: Издательство АСВ, 2008. -344с.
5. Система электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учебное пособие / Б.В. Лукутин И. О. Муравлев, И. А. Плотников – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015-128с
6. Расчет системы солнечного теплоснабжения жилого дома / Е.Н. Амиргалиев, М Кунелбаев, А.У. Калижанова, Д. Едилхан, О.А. Ауелбеков, Н.С. Катаев, А.Х. Козбакова. Проблемы оптимизации сложных систем. Материалы XIV Международной Азиатской школы-семинара. 2018. С. 100-107.
7. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. М., Госстрой 2013 г.111. <http://www.epia.org/112>. <http://www.mysolar.com/113>. <http://www.solar-ct.com/>.
8. <https://energospavka.ru/otoplenie/vakuumnye-trubki-dlya-solnechnogo-kollektora-2.html>. © 2021 Тёплый дом

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ(AUTHORS BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Гулямов Бахтиёр Амиршоевич	Гулямов Бахтиер Амиршоевич	Gulyamov Bakhtiyor Amirshoevich
Докторант PhD	Докторант PhD	PhD student
ДТТ ба номи академик М.С.Осими	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
Bakhtiyor1303@mail.ru		
0000-0002-3598-4850		

УДК 626.85

## АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАБОТЫ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ И ХАРАКТЕР ИХ РАЗРУШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Сайрахмонов Р.Х., Арабзода Н.С., Шарифов Ф.А.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

**Аннотация.** Основной целью применения асфальтного бетона при устройстве покрытия является обеспечение эксплуатационных характеристик с покрытия в межремонтный период во всех дорожно-климатических зонах. В настоящее время обеспечение требуемых функциональных свойств покрытия при эксплуатации в условиях сухого жаркого климата, каким является Республика Таджикистан, создание качественного материала, который способен при эксплуатации в течение фактического времени противостоять нормированным видам разрушения. В статье проведен анализ условий работы асфальтобетонных покрытий и характер их разрушения при эксплуатации. Изучены физико-механические характеристики образцов, снятых из эксплуатируемых покрытий, а также изучены свойства образцов асфальтовых бетонов на стадии производства. Определены сдвиговые устойчивости и трещиностойкость образцов асфальтовых бетонов, исходя из условий их эксплуатации.

**Ключевые слова:** покрытия, трещиностойкость, эксплуатация, сдвигоустойчивость, асфальтобетон, битум.

### ТАҶЛИЛИ ҲОЛАТИ ИСТИФОДАИ ҚАБАТҲОИ АСФАЛТОБЕТОНӢ ВА ХУСУСИЯТИ ВАЙРОНШАВИИ ОНҲО ДАР ИҚЛИМИ ХУШКУ ГАРМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

**Аннотатсия.** Мақсади асосии истифодабарии асфалтобетон барои бунёди қабати роҳ ин таъмин намудани фосилаҳои меъёрии таъмири қабатҳои роҳ мебошад. Таъмини сифати талаботии қабати роҳ хангоми истифода дар шароити гарм ин истеҳсоли асфалтобетонҳое мебошад, ки онҳо ба ин шароит тобовар бошанд. Дар мақолаи маскур таҳлили ҳолати истифодабарии қабатҳои асфалтобетонӣ ва вайроншавии онҳо омӯхта шудааст. Инчунин ҳосияти намунаҳо аз асфалтобетонҳои истифодашуда ва асфалтобетонҳои нав истеҳсолшуда омӯхта шудаанд.

**Калимаҳои калидӣ:** қабат, тарқишустуворӣ, истифодабарӣ, лағжишустуворӣ, асфалтобетон, битум.

### ANALYSIS OF THE OPERATING CONDITIONS OF ASPHALT CONCRETE COVERINGS AND THE NATURE OF THEIR DESTRUCTION IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

**Annotation.** The main purpose of using asphalt concrete for paving is to ensure the functional properties of the pavement during the overhaul period. Ensuring the required functional properties of the pavement during operation in a dry hot climate is the creation of such asphalt concrete, which is capable of the greatest extent and withstands normalized types of destruction for the maximum possible time. The article analyzes the working conditions of asphalt concrete pavements and the nature of their destruction during operation. The physicomchanical characteristics of the samples taken from the exploited coatings were studied, and the properties of the asphalt concrete samples at the production stage were also studied. The shear stability and crack resistance of asphalt concrete samples were determined based on the conditions of their operation.

**Key words:** coatings, crack resistance, operation, shear resistance, asphalt concrete, bitumen.

#### Введение

В настоящее время наиболее распространенным типом усовершенствованных капитальных дорожных покрытий являются покрытия на основе асфальтовых бетонов, устраиваемых с применением нефтяных битумов. Они получили преобладающее распространение среди других типов покрытий во всем мире. Преимущественное распространение покрытий с применением асфальтовых бетонов обусловлено многими присущими им положительными свойствами. Основными из них являются достаточная механическая прочность, способность к допускаемым различным деформациям, достаточное сцепление транспортных шин с дорожным покрытием, при устройстве возможное получение ровной поверхности, достаточная способность к поглощению колебаний, простота ремонта, возможность повторного использования старого материала, механизация работ при производстве, устройстве и ремонте асфальтобетонных покрытий.

К строительным и транспортно-эксплуатационным преимуществам асфальтовых покрытий относятся технологичность их устройства, возможность стадийного строительства и допуска движения транспортных средств по нижнему слою, открытие движения сразу после устройства покрытия, технологичность ремонта и усиление, а также возможность использования местных материалов, ровность, возможность обеспечения и поддержания требуемой шероховатости поверхности, короткие сроки проведения ремонтных и восстановительных работ, высокая эксплуатационная надежность, малая шумность. Несмотря на ряд неоспоримых достоинств, традиционные асфальтовые бетоны имеют ряд недостатков при эксплуатации в дорожных покрытиях[1-3].

Большое влияние на эксплуатационное качество дорожных покрытий с применением асфальтовых бетонов оказывают высокие летние температуры, так как в Республике Таджикистан большая протяжённость дороги находится в жарких районах, и в перспективе доля дорог с асфальтобетонным покрытием в этих районах в дальнейшем увеличивается. Эти условия эксплуатации обуславливают необходимость особого подхода к требованиям, предъявляемым к строительству асфальтобетонных покрытий в увязке с условиями эксплуатации. Научный опыт и практика строительства дороги

показывают, что дорожные покрытия с применением органических вяжущих являются одними из наиболее основных материалов, используемых в дорожном хозяйстве или строительстве автомобильных дорог, однако при эксплуатации сроки службы покрытий с их использованием в несколько раз меньше фактических. На этой основе в настоящее время разработка технологии повышения эксплуатационных качеств органических вяжущих и дорожных композитов на их основе представляется весьма актуальной задачей, позволяющей решать проблему надежности и устойчивости работы дорожных покрытий при эксплуатации [4-6].

**Цель исследования:** изучение состояния эксплуатируемых дорожных покрытий автомобильных дорог и исследование свойств снятых образцов вырубков и образцов смесей асфальтовых бетонов на стадии производства.

### Экспериментальная часть

На дорожных покрытиях с применением органических вяжущих нередко наблюдается деформация, связанная с низким качеством смеси, в частности пониженным качеством вяжущего, повышенной пористостью минеральных материалов.

В целях получения достоверных информации о фактических величинах и изменениях деформативных и прочностных показателей конструкции и материалов во времени под действием климатических факторов и движения выполнен комплекс исследований на специально подобранных характерных опытных участках дорожных покрытий районов республиканского подчинения. Установлено, что преждевременное разрушение покрытий проезжей части и тротуаров происходит в результате того, что при строительстве подстилающего слоя в лессовидных песочных грунтах устраивается недостаточная по проекту толщина и без достаточного требуемого уплотнения: не достаточно обеспечивается также отвод поверхностных и грунтовых вод. Одновременно на покрытиях автомобильных дорог замечается образование колеи от покрышки шин и бугорков от действия нагрузки движения автомобильного транспорта. Кроме того, нами были изъяты вырубки из эксплуатируемых участков дорог вышеуказанных районов. Были проведены лабораторные испытания вырубков в лаборатории кафедры «Строительство дорог, сооружения и транспортные коммуникации» ТТУ им М.С. Осими г. Душанбе.

Полученные результаты испытаний вырубков представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Физико-химические показатели вырубков эксплуатируемых дорожных покрытий

Наименование участка дорог	Сп., г/см <sup>3</sup>	Вд., % объема	Но, %	Предел прочности при сжатии, Мпа, °С			Кв.	Ку.	Пс., %	Оп., %
				20	50	20°С вод				
р.Файзобод	2,32	6,3	0,41	4,9	0,81	3,1	0,71	0,91	20,1	6,7
г. Вахдат	2,37	5,9	0,43	4,2	0,79	3,2	0,76	0,93	18,4	6,1
р.Рудаки	2,32	4,2	0,42	4,8	0,81	3,4	0,81	9,8	15,0	4,6
г.Турсунзоде	2,31	3,8	0,3	4,6	0,8	4,1	0,79	0,97	16,0	3,4
г.Гиссар	2,63	2,6	0,21	5,5	0,88	5,0	0,98	0,99	17,0	2,1
ГОСТ 9128-2009 для I-II типа А	-	Не более 4,0	Не более 0,5	Не менее 2,5	Не менее 0,7	-	Не менее 0,75	Не менее 0,99	14-19	2,5-5,0

*Примечание:* Сп-средняя плотность; Вд - водонасыщение; Но-набухание по объему; Кв-коэффициент водостойкости; Ку-коэффициент уплотнения; Пс-пористость скелета; Оп-остаточная пористость.

Результаты исследования данных таблицы 1 показали, что образцы вырубков, снятых из покрытия дорог, имеют пониженные физико-механические показатели, где по части водонасыщения и теплоустойчивости не соответствуют данным ГОСТ 9128-20013. Многочисленные в виде выбоин и трещин пластические деформации на покрытиях тому подтверждение. Это свидетельствует о том, что качества материалов с применением органических вяжущих связаны с качеством применяемого вида каменного и вяжущего материала. Дорожные композиты на основе органических вяжущих и минеральных материалов по своей структуре являются многокомпонентной конгломератной системой, в которой минеральный остов находится в среде, склеивающей зерна в единый монолит, органические вещества битума обеспечивают устойчивость асфальтового монолита при эксплуатации [5-8]. Научные опыты и практика эксплуатации асфальтного бетона в дорожных покрытиях показывают, что её прочностные и деформативные характеристики зависят от температуры, в теплых условиях уменьшается вязкость органического вяжущего, что ведет за собой понижение прочности и при холодных температурах повышение хрупкости, где в итоге ухудшаются условия работы асфальтобетонных покрытий. Данные свидетельствуют, что в летнее время на поверхности покрытий появляются следы деформации, наиболее характерными из которых являются сдвиговые волны, наплывы и колеи. Приведённые визуальные исследования на подобранных характерных опытных участках дорожных покрытий районов республиканского подчинения установили, что преждевременное разрушение происходит из-за значительного роста пластических



деформаций, особенно растрескивания асфальтобетона дорог, эксплуатируемых в условиях сухого жаркого климата. Полученные данные позволяют сделать выводы о том, что в холодные периоды снижения общей прочности не наблюдается. Очевидно, что критическим условием работы дорожных покрытий является теплый период, характеризующийся высокими температурами. Эта подтверждается, исходя из действующих норм, обязательных требований к дорожным композитам с применением органических вяжущих, обеспечения их деформативной устойчивостью. Однако практика эксплуатации покрытий с применением органических вяжущих производства показывает, что такие конструкции как покрытия на основе органических вяжущих не могут быть при эксплуатации одновременно абсолютно деформативно устойчивыми. По мнению авторов [9-13], для обеспечения таких свойств имеется место применения эффективных методов борьбы с деформациями, что позволило бы увеличить сроки службы покрытий, снизить затраты на их содержание и ремонт при эксплуатации. Исходя из этого в некоторых странах разрабатываются рекомендации, включающие требования по обязательному испытанию асфальтового бетона на трещиностойкость и сдвигустойчивость. Опыт эксплуатации асфальтовых покрытий показывает, что таких требований не было в ГОСТ 9128-97, они фактически носили рекомендательный характер. Даже беглый анализ опыта применения в Таджикистане асфальтобетонных покрытий, соответствующих по своим параметрам результатам расчетов по ГОСТ 9128-2009, убеждает в достаточно частых случаях несоответствия фактического дорожного покрытия по расчету. Многие участки автомобильных дорог вполне удовлетворительно работают длительное время под более интенсивным и тяжелым движением. Проще всего это можно объяснить несоответствием фактических расчетных характеристик дорожных материалов, принимаемых в конструкции дорожных покрытий автомобильных дорог, сдвигустойчивости и трещиностойкости. Практически действующие нормы (ГОСТ 9128-2009) предписывают обязательную оценку показателей трещиностойкости и сдвигустойчивости при периодических испытаниях и нормируют их значения для всех типов и марок асфальтобетонов, а также для всех дорожно-климатических зон. Исходя из нормативных требований, трещиностойкость асфальтного бетона из горячих смесей всех типов оценивают по пределу прочности на растяжение при расколе (при температуре материала 0°C и скорости деформирования 50 мм/мин). Сдвигустойчивость же нормируется по двум показателям:

- по величине внутреннего трения;
- по сцеплению при сдвиге при температуре 50°C.

Для оценки степени соответствия трещиностойкости и сдвигустойчивости асфальтовых бетонов с участием авторов был проведен комплекс исследований. Исследования были направлены на определение показателей сдвигов и трещиностойкости в целом непосредственно в образцах смесей производимых асфальтовых бетонов в период строительного сезона 2020 г. Кроме этого, для сравнения вариантов исследований нами были использованы материалы испытательной лаборатории «АВТОСТРАДА» г. Душанбе. Образцы для эксперимента были отобраны на характерных участках дорог общего пользования, особенно эксплуатируемых в условиях жаркого климата. Исследования выполнялись в лабораторных условиях по методике ГОСТ 9128-2009. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон». Проведены исследования и испытания образцов. На рис. 1 представлен график плотности распределения значений трещиностойкости исследуемых образцов .

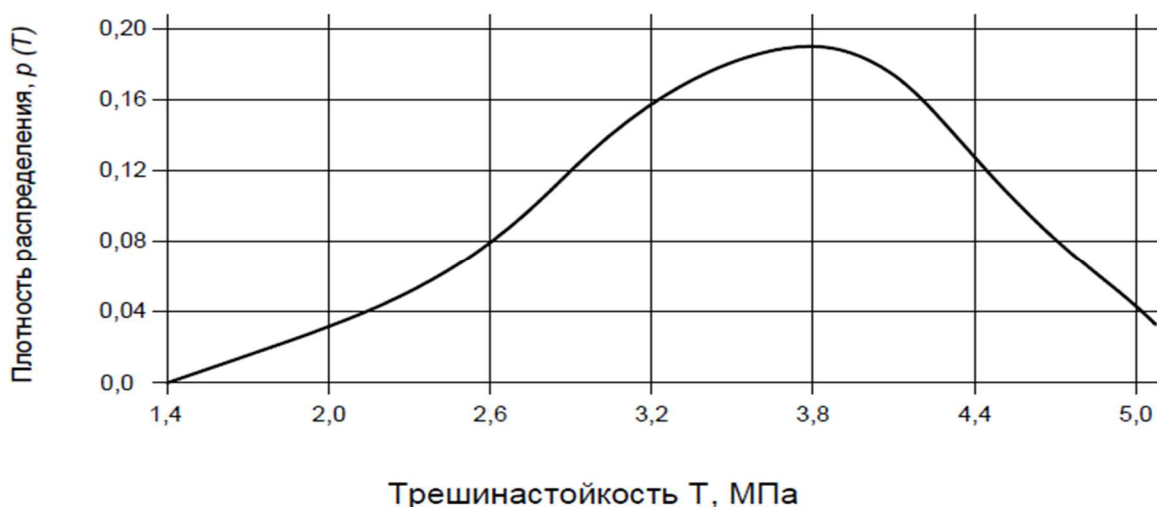


Рис. 1. График плотности вероятности значения трещиностойкости асфальтобетона из смеси типа А

Результаты исследований показали, что плотность распределения показателей исследуемых образцов подчиняются нормальному закону.

На основе полученных данных нами было установлено доля несоответствия нормам исследуемых образцов ГОСТ 9128-2009 следующим образом:

- математическое ожидание значения трещиностойкости – 3,26 Мпа;
- максимальное значение – 4,5 Мпа;
- минимальное – 1,4 Мпа;
- среднее квадратическое отклонение – 0,421;
- коэффициент вариации – 0,116.

Полученные данные свидетельствует о том, что по значениям трещиностойкости образцов из выбранных смесей в среднем доля несоответствия по показателю трещиностойкости составила до 8 %, что можно признать по отдельным участкам эксплуатируемых дорог приемлемым. Однако по отдельным участкам автомобильных дорог этот показатель существенно различается. Вероятно, что имеются большие трудности обеспечения требуемого качества асфальтобетона в районах, где традиционно для приготовления асфальтобетонных смесей использовали составляющие материалы с недостаточной прочностью, не соответствующие требованиям стандартов. Кроме этого, была исследована сдвигоустойчивость образцов асфальтовых бетонов, что показало значительное отклонение показателя по сравнению с трещиностойкостью.

Этот вывод можно сделать, исходя из приведенных данных на рис. 2, на котором приведен график плотности вероятности значения сдвигоустойчивости образцов асфальтобетона.

Так, по величине сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения доля несоответствия составила 21%, а по сцеплению при сдвиге при температуре - 50°C - 14%.

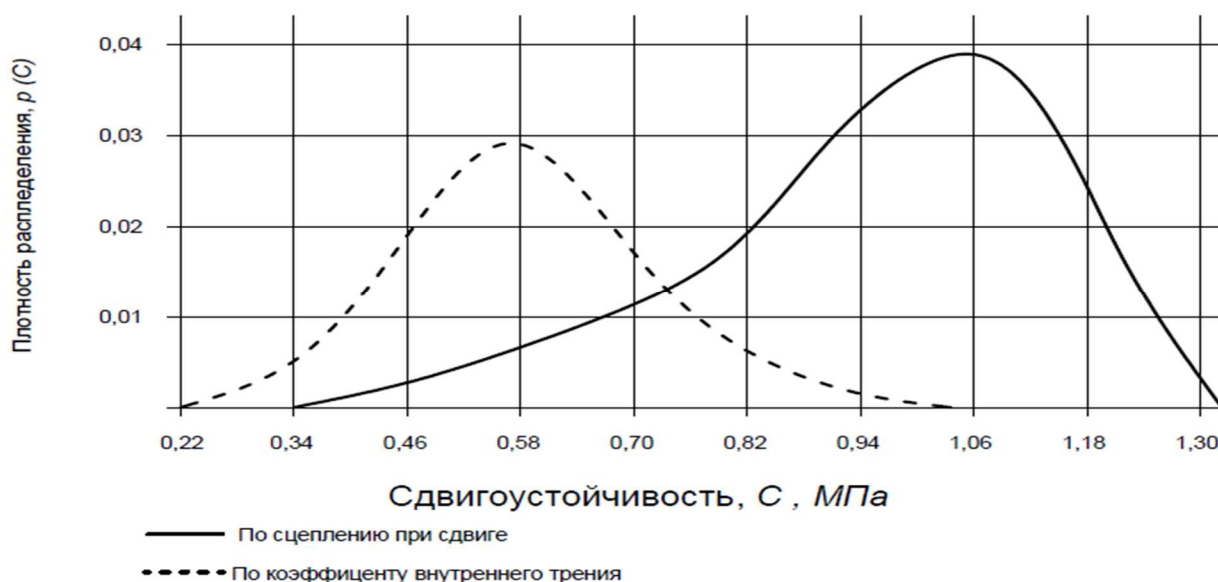


Рис. 2. График плотности вероятности значения сдвигоустойчивости образцов асфальтобетона из смеси типа А, марки II.

Среди причин такого несоответствия нормам можно выделить следующие:

- использование некачественных исходных минеральных материалов и вяжущих;
- гравийно-песчаные смеси, щебень из гравия;
- недоуплотнение асфальтобетонных смесей.

Для обеспечения качественных показателей таких материалов необходимо провести специальные мероприятия:

- корректировка минеральной части смеси;
- применение модифицированных вяжущих;
- разработка инновационной технологии производства.

### Выводы

1. Основными путями обеспечения качества материалов с применением органических вяжущих в условиях жаркого климата является регулирование качества органического вяжущего, которое также, как и в случае асфальтобетона, оценивается набором показателей, где выполнение требований ГОСТ 22245 во многих случаях не гарантирует требуемого качества асфальтобетона при эксплуатации в условиях жаркого климата. Для решения этой задачи в практике применение специальных химических добавок модифицирующих битум является востребованным.

2. Решая проблему обеспечения трещиностойкости и сдвигоустойчивости в условиях жаркого климата Республики Таджикистан, нужно использовать качественные вяжущие с применением различных местных модифицирующих добавок: госсиполовая смола - продукт отхода масложиркомбинатов, резиновая крошка - вторичное сырье транспортных шин, моноэтаноламин - смолы от переработки углей и до битумной широкой фракции высокосернистой нефти. Технология получения и применения вышеназванной добавки разработана и можно ее применять при производстве асфальтобетонных материалов. Это можно подтвердить приведенными данными (табл. 1. №5), где на участке разворота к г. Гиссар нами были получены покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона с использованием добавки микрокристаллической целюлозы. Приведенные данные (табл. 1. №5) показывают, что образцы ЩМА, снятые с покрытия, имеют лучшие физико-механические характеристики, чем у образцов вырубок обычных асфальтовых бетонов.

### Цитируемая литература

1. Дуреева, А. Ю. Сдвигоустойчивость и трещиностойкость асфальтобетона дорожных покрытий в условиях Кемеровской области / А. Ю. Дуреева, В. В. Кузьмин. — Текст: непосредственный, электронный // Молодой ученый. — 2012. — № 3 (38). — С. 35-41. 2. Поздняева Л.В. «Ловушка» для трещин / Л.В. Поздняева, Л.А. Горельшева // Автомобильные дороги. -2010.- № 1. -с. 68-81
2. Кретов, В. А. Эффективный путь повышения срока службы дорожных одежд / В. А. Кретов, В. П. Лаврухин // Наука и техника в дорожной отрасли. 1999. №3. С. 16-1924.
3. Нгуен Ван Лонг. Основные виды дефектов асфальтобетонных покрытий и методы их устранения / Нгуен Ван Лонг // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2012. - № 3. - С. 99-104..
4. Сайрахмонов Р.Х., Повышение адгезионных свойств битума путем применение комплексной добавки. / Умаров С.С // Научно-теоретический журнал «Вестник Таджикский национальный университет», Душанбе-2016 – 1(110).
5. Илиополов С.К., Процессы структурообразования и свойства битумов, модифицированных раствором высокомолекулярного каучука. / Андриади Ю.Г., Мардиросова И.В., Углова Е.В // Известия вузов, Строительство, Новосибирск: 1997.-№ N.-С.33-37.
6. Илиополов С.К., Кучеров В.А., Шитиков С.В. Асфальтобетонное покрытие с учетом полимер-армированных смесей / Материалы МНИК, г. Ростов- на-Дону; РГСУ, 2000. - С.8-9.
7. Горельшев, Н. В. Асфальтобетон и другие битумо-минеральные материалы / Н. В. Горельшев. - М.; Можайск: Терра, 1995. - 176 с.
8. Сайрахмонов Р.Х., Бобоев Х.К., Нурмадов Г.Н. Влияние дробленной резиновой крошки на свойства битума // Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования №2(46), ТТУ им. акад. М.С. Осими 2019г.
9. Ахмед Гамал Махмуд Морси. Факторы, влияющие на свойства асфальтобетона с добавкой резиновой крошки (типа сухого процесса) / Ахмед Гамал Махмуд Морси. – М.: МАДИ(ГТУ), 2005.-Вып. 4.-С.58–63.
10. Сайрахмонов Р.Х. Влияние дробленной резиновой крошки на свойства битума./ Бобоев Х.К., Нурмадов Г.Н. // Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования №2(46), ТТУ им. акад. М.С. Осими 2019г.
11. Сайрахмонов Р.Х. Комплексные добавки на основе госсиполовой смолы для повышение устойчивости асфальтобетон./ . Исмоилов Л.С., Бобоев Х.К.// Дороги Содружества Независимых Государств журнал Межправительственного совета дорожников 06.2019 (77), стр 98-99
12. Бусел А.В. Добавки этилен-винил-ацетата для модифицирования дорожных битумов // Наука и техника в дорожной отрасли. 1999, № 2. -С. 12-14.
13. Быстров Н.В. Повышение эффективности применения модифицированных битумов // Наука и техника в дорожной отрасли. 1997, № 2. - С. 4-5.. Барамбойм Н.К. Механохимия

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ(AUTHORS BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Сайрахмонов Рахимчон Хусейнович Номзади илмҳои техникӣ, дотсент	Сайрахмонов Рахимджон Хусейнович Кандидат технических наук, доцент	Sayrahmonov Rahimjon Huseynovich Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S.Osimi
<a href="mailto:svivakn@mail.ru">svivakn@mail.ru</a>		
0000-0003-1771-2728		

УДК 624.074.43

## КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НЕРАЗРЕЗНЫХ ПОЛОГИХ ОБОЛОЧЕК

О.Р. Нуманов

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

Аннотация. В статье приведены область применения, проектирование и компоновочная схема пологих оболочек положительной гауссовой кривизны в обычных и сейсмических районах. Приведён опыт проектирования и строительства зданий и сооружений с тонкостенными пространственными покрытиями. Приведены конструкции отдельно стоящих, неразрезных и с тангенциально-подвижным сопряжением пологих оболочек.

Ключевые слова: железобетонная пологая оболочка, неразрезные оболочки, отдельно стоящие оболочки, тангенциально-подвижные, многоволновые оболочки, плоскостные конструкции, кривизна оболочки, стрела подъёма.

### ХУСУСИЯТҲОИ КОНСТРУКТИВӢ ВА ДОИРАИ ИСТИФОДАБАРИИ ЧИЛДҲОИ НИШЕБ

Аннотация. Дар мақола макони истифодабарӣ, лоиҳакашӣ ва схемаи ҷо ба ҷогузори чилдҳои нишеб иқачии мусбати гаусӣ дар минтақаҳои одӣ ва сейсмиқӣ оварда шудаанд. Нағичаҳои лоиҳакашӣ ва сохтмони биноҳо ва иншоот бо истифода аз болопушҳои туноқи фазогӣ оварда шудаанд. Конструксияи алоҳида истода, нобурида ва бо тангенциалӣ-ҷумбанди чилдҳои нишеб оварда шудааст.

Калидвожаҳо: чилди нишеби оханубетонӣ, чилдҳои нобурида, чилдҳои алоҳида истода, тангенциалӣ-ҷумбанда, чилдҳои бисёрмавҷӣ, конструксияҳои ҳамвор, қачии чилд, баландии қатшавӣ.

### DESIGN FEATURES AND SCOPE APPLICATIONS OF CONTINUOUS FLAT SHELLS

Annotation. The article presents the scope, design and layout scheme of flat shells of positive Gaussian curvature in conventional and seismic areas. The experience of designing and constructing buildings and structures with thin-walled spatial coverings is given. The constructions of free-standing, continuous and tangentially-movable conjugation of flat shells are given.

Keywords: enforced concrete flat shell, continuous shells, free-standing shells, tangentially movable, multi-wave shells, planar structures, shell curvature, lifting boom.

### Введение

Тонкостенные пологие оболочки являются одним из основных видов пространственных конструкций, которые применяются при строительстве зданий и сооружений с помещениями больших площадей такие как ангары, вокзалы, выставочные залы, рынки, концертные и спортивные залы, плавательные бассейны и др. Пологие оболочки имеют изогнутую поверхность, которая при минимальной толщине и соответственно минимальной массе и расходе материала обладает большой несущей способностью.

Простой опыт с листом бумаги показывает, что очень тонкая изогнутая пластинка приобретает благодаря криволинейной форме большую сопротивляемость внешним силам, чем та же пластинка плоской формы. Жесткие оболочки могут возводиться над зданием или сооружением любой конфигурации в плане, т.е. квадратной, прямоугольной, круглой и. т. п. По конструктивным схемам жесткие оболочки делятся на оболочки положительной и отрицательной кривизны, зонтичные оболочки, своды и купола. Оболочки выполняются из армоцемента, дерева, железобетона, металла и других материалов, хорошо воспринимающих сжимающие усилия. Появление напряженно-армированного железобетона, создание новых методов расчёта, измерение и испытание конструкций с помощью моделей наряду со статической и экономической выгодой их применения – все это способствовало быстрому распространению оболочек во всем мире.

Различают оболочки однопролетные, опирающиеся на две диафрагмы: многопролетные, поддерживаемые по длине более чем двумя диафрагмами – крайними (торцовыми) и промежуточными; многоволновые, состоящие из нескольких параллельных оболочек, монолитно связанных между собой [1].

Как известно, пологие оболочки имеют ряд преимуществ:

- в покрытии они выполняют две функции – несущей конструкции и кровли;
- они огнестойки, что во многих случаях ставит их в более выгодное положение даже при равных экономических условиях;
- они не имеют себе равных по разнообразию и оригинальности форм в истории архитектуры;
- наконец, по сравнению с прежними сводчатыми и купольными конструкциями во много раз превосходят их по масштабам перекрываемых пролетов.

#### 1. Область применения пологих оболочек

По сравнению с плоскостными пространственными конструкциями можно перекрывать большие площади зданий без промежуточных опор при относительно малом расходе материалов и тем самым повышать технологическую «гибкость» зданий.

Разработаны рабочие чертежи типовых конструкций таких оболочек: «Железобетонные многоволновые оболочки положительной кривизны размерами 18 x 24 и 18 x 30 м из плит 3 x 6 м» (серия 1.466-1/75) [2]. Опыт применения в строительстве оболочек положительной кривизны из крупноразмерных

плит, монтируемых без кондукторов, подтвердил основные расчетные показатели этих конструкций и эффективность их применения для зданий с крупной сеткой колонн, которые приведены в Руководстве [4].

Работа [4] выполнена ЦНИИ Промзданий Госстроя СССР (кандидаты техн. наук М. Г. Костюковский и др.) совместно с Проектным институтом № 1 Госстроя СССР.

Примером построения пологой оболочки в Республике Таджикистан приведем железобетонную оболочку, размером в плане 24x24 м, построенная в санатории «Садбарг». Он имеет стрелу подъема по контуру оболочки  $f=4,8$  м; толщина плиты поля оболочки  $\delta_n=0,06$  м; приконтурная толщина  $\delta_{пр}=0,08$  м; ширина приконтурной зоны  $b_{пр}=2,4$  м; угловая толщина оболочки  $\delta_{угл}=0,10$  м. Поверхность железобетонной оболочки является гладкой.

Данная оболочка выполнена по схеме матричного опирания на жесткие в плоскости и гибкие из плоскости диафрагмы выполнены в виде металлической фермы [3].

## 2. Проектирование оболочек

Размеры оболочек в плане определяются технологически необходимыми или экономически целесообразными сетками колонн промышленных зданий.

Значения кривизн в направлении сторон опорного контура определяются исходя из требований унификации плит и контурных ферм для оболочек различных типоразмеров, из условий получения наиболее благоприятной статической схемы работы оболочки, из эстетических и эксплуатационных требований.

## 3. Компоновочная схема оболочек

По типу взаимного сопряжения отдельных оболочек в системе покрытия различают:

- отдельно стоящие оболочки т.е., каждая оболочка имеет свой контурный элемент (рис. 1, а);
- неразрезные оболочки, т.е., контурные элементы являются общими для соседних оболочек (рис. 1, б);
- оболочки с тангенциально-подвижным сопряжением, т.е., контурные элементы являются общими для соседних оболочек (рис. 1, в).

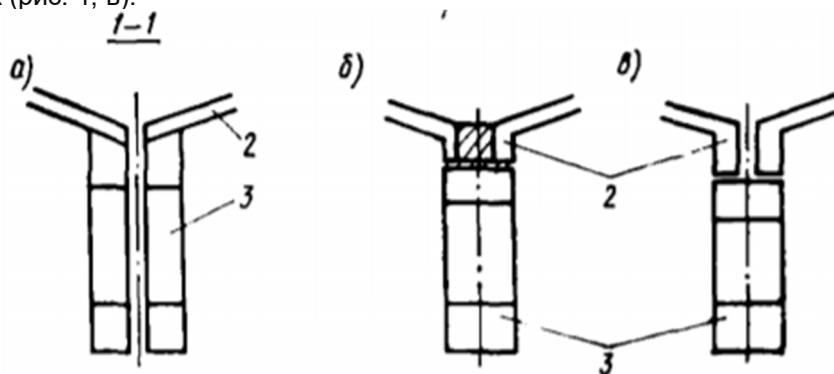


Рис. 1. Типы оболочек по сопряжению в системе покрытия

а — отдельно стоящие; б — неразрезные; в — с тангенциально-подвижным сопряжением; 1 — смежные оболочки; 2 — плиты; 3 — контурные элементы

Неразрезные оболочки могут оказаться целесообразными при нагрузках на покрытие, превышающих  $600 \text{ кгс/м}^2$ , а также в районах с сейсмичностью 7 баллов и более [4].

Неразрезные оболочки могут быть многоволновыми (рис. 2 а) и многопролетными (рис. 2 б).

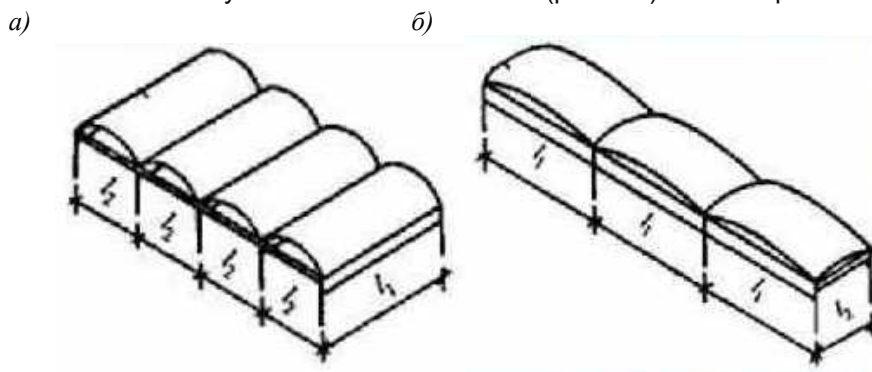


Рис. 2. Неразрезные пологие оболочки а-многоволновые; б-многопролетные

Контурные диафрагмы оболочек могут выполняться в виде ферм, балок или арок. Контурные диафрагмы - балки пролетом  $b$  м устанавливаются только по наружным рядам колонн в случаях, когда не намечается расширение корпуса в соответствующем направлении. По средним рядам в деформационных

швах устанавливаются контурные фермы-диафрагмы. При пролетах 12 м могут применяться также железобетонные арки с железобетонными затяжками.

Контурные диафрагмы пролетом 18 и 24 м принимаются железобетонные или стальные, при пролетах более 24 м — только стальные. Контурные диафрагмы оболочек, располагаемых в одном покрытии, выполняются, как правило, из одинакового материала. Применение стальных ферм-диафрагм пролетом 18 и 24 м регламентируется ТП-101-76.

Железобетонные фермы-диафрагмы пролетом 18 м и пролетом 24 м принимаются безраскосными. Верхний пояс ферм пролетом 18 м очерчивается по окружности, а для ферм-диафрагм пролетом 24 м принимается полигональное очертание верхнего пояса для обеспечения контакта по линии опирания на них плит покрытия.

В пределах крайней панели контурные фермы-диафрагмы снабжаются железобетонными и стальными упорами и шпоночными гнездами для восприятия сдвигающих усилий.

Стальные контурные элементы выполняются из прокатных уголков и сварных двутавров. Элементы для пролета 36 м рекомендуется проектировать по типу элементов для пролета 30 м.

Основные положения расчета. Расчет оболочек производится в соответствии с требованиями действующих глав СНиП по проектированию бетонных и железобетонных конструкций, а также по нагрузкам и воздействиям.

Наихудшими сочетаниями при расчете элементов оболочек, как правило, являются:

- для диафрагм и угловых зон — совместное действие распределенных и сосредоточенных крановых или эквивалентных им распределенных нагрузок;

- для поля плит — нагрузки от «снеговых мешков» в зонах ендов, под фонарями и у перепадов высот;

- для ребер плит — совместное действие сосредоточенных крановых и распределенных нагрузок.

Статический расчет оболочек в эксплуатационной стадии выполняется по моментной теории упругих пологих оболочек В. З. Власова.

Расчет может производиться по методу одинарных тригонометрических рядов, в этом случае только в одном направлении могут быть учтены реальная жесткость ферм, неразрезность оболочек, переломы и ребра.

На воздействие усилий от расчетной нагрузки все элементы оболочек проверяются по прочности. При нормативных нагрузках определяются деформации, а также проверяется ширина раскрытия трещин: в поясах и раскосах контурных элементов; в сечениях поля плит, работающих на главные растягивающие напряжения; на участках ребер плит, растянутых от распределенных или сосредоточенных нагрузок.

Рекомендуется производить проверку прочности по предельному равновесию:

- узлов пересечения ребер и примыкающей зоны оболочек на воздействие приложенной в этих узлах сосредоточенной нагрузки при наличии распределенной нагрузки по всей поверхности;

- полей плит оболочек на воздействие распределенной нагрузки в местах «снеговых мешков»; при этом принимается средняя для поля интенсивность расчетной распределенной нагрузки.

Расчет конструкции в стадии монтажа производится на нагрузку массы элементов и дополнительную монтажную нагрузку расчетной интенсивностью  $76 \text{ кгс/м}^2$ .

#### **4. Применение типовых оболочек в проектах**

Параметры зданий, размеры оболочек в плане принимаются по результатам технико-экономического обоснования, выбранного объемно-планировочного и конструктивного решения здания.

Расстояния между температурными швами назначаются такими же, как для плоскостных конструкций покрытия. Температурные швы осуществляются на парных колоннах со вставками размером 1 м между разбивочными осями колонн.

Применение тонкостенных пространственных конструкций покрытий вместо обычных плоскостных железобетонных конструкций позволяет существенно снизить затраты строительных материалов, уменьшить количество промежуточных опор, что даёт возможность лучше использовать перекрываемые площади с самое главное снизить массу, что немаловажное значение имеет в сейсмических районах. При проектировании оболочек для сейсмических районов необходимо учитывать, как горизонтальную, так и вертикальную сейсмические нагрузки.

Учёту сейсмических нагрузок в расчёте пологих оболочек по методу предельного равновесия посвящены работы [4].

Поэтому следует различать неразрезность оболочек в двух направлениях. Оболочка является полностью разрезной, если опирается на диафрагмы и колонны, не смежные с другими оболочками, причём должно быть выполнено это в обоих направлениях зданий и сооружений. Оболочка является разрезной в вертикальном направлении, если имеет диафрагмы, не смежные с соседними оболочками, но опирается с ними на общие колонны. Такая оболочка одновременно является неразрезной в

горизонтальном направлении, так как взаимосвязано колеблется вся система «колонна - оболочка». Наконец, оболочки являются полностью неразрезными, если имеют общие диафрагмы и колонны [6,7].

**Вывод**

1. По сравнению с плоскостными пространственными конструкциями можно перекрывать большие площади зданий без промежуточных опор при относительно малом расходе материалов и тем самым повышать технологическую «гибкость» зданий.
2. Высокая трещиностойкость и архитектурная выразительность пологих оболочек.
3. Комплексная эффективность неразрезных пологих оболочек.
4. Сложившийся опыт проектирования показывает, что при воздействии вертикальных сейсмических нагрузок оболочки (в зависимости от конструирования) могут рассматриваться как по разрезной, так и по неразрезной схемам, а при воздействии горизонтальных сейсмических нагрузок только по неразрезной схеме, потому что в пределах температурного блока смежные оболочки опираются на общие колонны.

**Литература**

1. Демина А. В. Здания с большепролетными покрытиями. Тамбов 2003 г. 88с.
2. Типовые конструкции и детали зданий и сооружений. Серия 1.466-1/75. Рабочие чертежи типовых конструкций: «Железобетонные многоволновые оболочки положительной кривизны размерами 18 х 24 и 18 х 30 м из плит 3 х 6 м».
3. Нуманов О.Р. Расчёт технико-экономических показателей пологих оболочек. (статья) Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. ТТУ №1(41) – 2018.- с.242-253.
4. СП 387.1325800.2018. «Железобетонные пространственные конструкции покрытий и перекрытий. Правила проектирования. М.: 2018 г.
5. Iakov Iskhakov and Yuri Ribakov Design Principles and Analysis of Thin Concrete Shells, Domes and Folders. Ariel University, Israel, 2016, 182
6. Нуманов О.Р. Анализ конструктивных решений неразрезных пологих оболочек. Международной научно-практической конференции «ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ», посвященной 25-летию Государственной независимости Республики Таджикистан и 60-летию ТТУ имени академика М.С.Осими. Часть 1. Душанбе -2016. - с.247-250.
7. Нуманов О.Р., Набизода М.Ш., Сангинов А.С., Муродов З.С., Гуломзода А.Х. Конструкция модели неразрезной пологой оболочки покрытия //Материалы Республиканской научно-практической конференции Наука-основа инновационного развития. 27-28 апреля. Душанбе 2021 г. – с.103-105

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ(AUTHORS BACKGROUND)**

TJ	RU	EN
Нуманов Олим Рахимович	Нуманов Олим Рахимович	Numanov Olim Rahimovich
Номзади илмҳои техникӣ, дотсент	Кандидат технических наук, доцент	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S.Osimi
<a href="mailto:nor5@mail.ru">nor5@mail.ru</a>		
0000-0001-6382-8823		

УДК:691.3

## АКТИВНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ДОБАВКИ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ БИТУМА И АСФАЛЬТОБЕТОНА

<sup>1</sup>Тошов Дж.З., <sup>2</sup>Шарифов А., <sup>1</sup>Шарипов Ф.Б.

<sup>1</sup>Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

<sup>2</sup>Дангаринский государственный университет

Асфальтобетон в дорожных покрытиях и основаниях дороги подвергается сильным влияниям деформационных сил от интенсивного движения автотранспорта и климатическому влиянию окружающей среды. Для повышения долговечности он должен обладать высокими показателями сдвиговой прочности, деформативности, водо- и морозостойкости, износостойкости и других качеств. Свойства асфальтобетона зависят от качественного и количественного компонентного состава асфальтобетонной смеси, способов её приготовления и укладки, использования различных модифицирующих добавок для улучшения параметров свойств используемого битума, правильного проектирования состава асфальтобетона и других технологических факторов. Более эффективным способом повышения качества асфальтобетона является модифицирование битума его состава добавками. В данной статье анализированы свойства асфальтобетона при модифицировании битума его состава различными активными минеральными добавками. В качестве активных минеральных добавок к битуму в асфальтобетоне применяют молотые вещества разного химического состава, они существенно изменяют свойства битума для повышения долговечности асфальтобетона при эксплуатации автомобильных дорог. Минеральные добавки оказывают технический и технологический эффект на свойства битума путём повышения его адгезионного сцепления с поверхностью минерального заполнителя и создания структурного каркаса внутри битумной матрицы как при отдельном или совместном действии этих факторов.

**Ключевые слова:** битум, асфальтобетонная смесь, асфальтобетон, активная минеральная добавка, кремнезём, опока, шунгит, прочность, водостойкость, сдвигустойчивость, трещиностойкость, долговечность.

## ИЛОВАҶОИ ФАЪОЛИ МИНЕРАЛӢ БАРОИ ТАКМИЛДИҶИИ МУМ ВА АСФАЛТУБЕТОН

Ба асфалтобетон дар қисми рӯйпӯш ва асоси роҳҳо ҳаракати тези мошинҳо ва тағйирёбии ҳолати муҳити атроф бо қувваи қалон таъсири манфӣ мерасонанд. Барои таъмини дарозумрии асфалтубетон мустаҳкамӣ он зиди қувваҳои лағжишдиҳанда, обнагузаронӣ ва ба хунукӣ тобоварӣ, камхӯрдашавӣ ва дигар ҳосиятҳои он бояд қиматҳои баланд дошта бошанд. Ҳосиятҳои асфалтобетон аз миқдор ва сифати маводҳои таркиби маҳлули асфалтубетонӣ, усулҳои тайёркунӣ ва қолабрезии он, истифодаи маводҳои иловагии такмилдиҳандаи ҳосиятҳои муми истифодашаванда, дуруст лоиҳакашӣ намудани таркиби он ва дигар факторҳои технологӣ вобаста мебошад. Усули ғоидаовари такмилдиҳии сифати асфалтобетон истифодаи маводҳои такмилдиҳандаи ҳосиятҳои муми таркиби он мебошад.

Дар мақолаи мақсуд ҳосиятҳои асфалтобетон ҳангоми такмилдиҳии муми таркиби он бо иловаҳои фаъоли минералии гуногунтаркиб таҳлил шудаанд. Ба сифати иловаҳои фаъоли минералӣ ҳокаи моддаҳои гуногунтаркибро истифода мебаранд, онҳо ҳосиятҳои мумро барои таъмин намудани дарозумрии асфалтобетон ҳангоми истифодабарии роҳҳои мошингард васеъ такмил медиҳанд. Иловаҳои минералӣ ба ҳосиятҳои мум бо роҳи баланд бардоштани қувваи часпиши он ба сатҳи пурқунандаҳои минералӣ ва барпо намудани сохтори устувор дар дохили қабатҳои маводи часпанда дар алоҳидагӣ ё яқоя таъсири технологӣ ва техникӣ мерасонанд.

Калимаҳои калидӣ: мум, омехтаи асфалтӣ, асфалтобетон, иловаи фаъоли минералӣ, кремнезём, опока, шунгит, мустаҳкамӣ, дар об устуворӣ, ба лағжиш тобоварӣ, таркишнадиҳӣ, дарозумрӣ.

## ACTIVE MINERAL ADDITIVES FOR MODIFYING BITUMEN AND ASPHALT CONCRETE

Asphalt concrete in road surfaces and road foundations is strongly influenced by deformation forces from heavy traffic and the climatic influence of the environment. To increase its durability, it must have high shear strength, deformability, water and frost resistance, wear resistance and other qualities. The properties of asphalt concrete depend on the qualitative and quantitative composition of the asphalt concrete mixture, the methods of its preparation and placement, the use of various modifying additives to improve the parameters of the properties of the bitumen used, the correct design of the asphalt concrete composition and other technological factors. A more effective way to improve the quality of asphalt concrete is to modify its bitumen composition with additives. This article analyzes the properties of asphalt concrete when modifying its bitumen composition with various active mineral additives. Ground substances of different chemical composition are used as active mineral additives to bitumen in asphalt concrete; they significantly change the properties of bitumen to increase the durability of asphalt concrete during the operation of highways.

**Key words:** bitumen, asphalt concrete mixture, asphalt concrete, active mineral additive, silica, flask, shungite, strength, water resistance, shear resistance, crack resistance, durability.

Как известно, минеральный порошок, чаще всего известковый, является постоянным компонентом состава асфальтобетона. Применение минерального порошка в составе асфальтобетонной смеси позволяет получению асфальтобетона с высокими показателями по плотности, прочности и водостойкости, которые в конечном счете обеспечивают долговечность покрытия автомобильных дорог. В настоящее время для повышения качества асфальтобетона, особенно его сдвиго- и трещиностойкости, а также стойкости к истирающей силе физических нагрузок от движения автотранспорта по дорогам, в состав асфальтобетонной смеси вводят также и так называемые активные минеральные добавки в виде тонкоизмельченных порошков или мелкозернистых песков. Эти добавки способствуют улучшению



качества асфальтобетона по отношению к показателям асфальтобетона с традиционным составом, состоящий из битума, минерального порошка и каменного заполнителя.

Активные минеральные добавки также вводятся в состав асфальтобетонной смеси и для улучшения технологических параметров процесса её приготовления, уменьшения расхода органического вяжущего, снижения температуры и сокращения времени приготовления смеси, что в конечном счёте могут привести к снижению энергоёмкости процесса приготовления и уменьшению себестоимости производства асфальтобетона.

В работе [1] при обеспечении требуемых эксплуатационных характеристик асфальтобетона, для снижения его температуры приготовления и себестоимости производства в состав смеси вводят кварцевый песок, обрабатываемый карбонатным шламом от водоумягчения ТЭС с влажностью 50–60% с последующей сушкой при температуре 160–180°C при количестве карбонатного шлама 5–10% от массы песка. В результате прочность асфальтобетона выросла при температуре 50°C до 1,5 раза, а при температуре 0°C – до 1.71 раза, его водонасыщение снизилось до 2,64 раза при возрастании водостойкости на 10%.

Для улучшения качества асфальтобетона рекомендуется также применение активированного минерального порошка из карбонатных пород и нефтяного битума, содержащего ПАВ из смеси продуктов целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) – сырого таллового масла, дистиллированного таллового масла и таллового пека при их массовом соотношении 1: (0,4–0,66) : (0,6–1,66), и сланцевое масло или отстойную пиролизную древесную смолу в количестве 0–50% от указанной смеси продуктов ЦБП [2]. Использование данного активированного минерального порошка в составе асфальтобетонной смеси обеспечивает снижение водонасыщения и повышения длительной водостойкости асфальтобетона, увеличение его предела прочности при сжатии, снижение хрупкости и увеличение трещиностойкости при 0°C.

При замене известнякового минерального порошка на углеродсодержащих материалах (УСМ) возросли водо- и морозостойкость асфальтобетона, что свидетельствует о повышенной коррозионной устойчивости асфальтобетона с УСМ [3]. Также для повышения прочности асфальтобетона и снижения его восприимчивости к температурным изменениям его состав состоит из щебня, песка, минерального порошка и битумного вяжущего из отходов ремонта мягких кровель, пластифицированных прямогонным гудроном в следующем соотношении компонентов, мас. %: битум, содержащий до 15% примеси минерального наполнителя и волокон основы –49...65, прямогонный гудрон–51...35 [4]. Битумное вяжущее, пластифицированное отходами ремонта мягких кровель, характеризуется пониженным показателем «растяжимость при 25°C», однако его эластичные свойства изменяются с температурой менее резко, чем у стандартных битумов, следовательно, восприимчивость пластифицированного битумного вяжущего к изменениям температуры ниже и вследствие этого трещиностойкость асфальтобетона будет выше.

Ряд работ [5–9] посвящён исследованиям по применению шунгитового порошка в качестве минеральной добавки к битумам в асфальтобетоне. Шунгитовый тонкодисперсный порошок является пористым материалом, обладает высокой абсорбционной активностью по отношению к битуму, легкие компоненты состава битума диффундируют в поры частиц порошка, происходит структурирование битумной пленки на поверхности минеральных частиц с их прочным склеиванием. Ввод шунгитового минерального порошка в горячих асфальтобетонных смесях позволяет сформировать устойчивую структуру асфальтобетона с большим количеством замкнутых пор. В результате асфальтобетон приобретает более повышенную водостойкость и длительное водонасыщение, его морозостойкость выше по отношению с асфальтобетоном на известняковом минеральном порошке, что обеспечивает повышение показателей трещиностойкости и сдвигоустойчивости.

Исследованию по использованию опоки в качестве минеральной добавки битумов посвящены работы [10–12]. Опока представляет собой пористую кремнистую осадочную горную породу, состоящую в основном из аморфного кремнезёма ( $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), относится к группе активных веществ природного происхождения, применяемых в качестве минеральной добавки в составе цементов и в металлургии в качестве обмазочного материала. Имеет высокие абсорбционные свойства и с известью гидратируется с образованием гидросиликатов кальция.

Опока положительно влияет на водородный показатель pH асфальтобетонной смеси и тем самым на адгезионные свойства битума, улучшает структурообразование асфальтобетона и повышает его качества. Методом планирования эксперимента доказано, что применение опоки не только улучшает качество асфальтобетона, но и снижает себестоимость его производства до 10% [12].

В работах [13,14] анализируются физико-механические свойства таких промышленных отходов, как доменный металлургический шлак, зола-унос тепловых электростанций, цементная пыль печей обжига цементного клинкера для их использования в качестве минерального порошка асфальтобетонных смесей. В Таблице 1 приведены экспериментальные результаты физико-механических свойств асфальтобетона с названными минеральными добавками и для сравнения – с добавкой из известняка.

Таблица 1. – Физико–механические характеристики асфальтобетона с минеральными добавками [14].

Свойства асфальтобетона	Минеральная добавка			
	Цементная пыль	зола–унос	Доменный шлак	известняк
Прочность, МПа, при температуре: 0°С 20°С 50°С	10,1	9,0	11,1	9,3
	3,63	4,28	5,6	4,3
	1,44	1,42	1,8	1,4
Водонасыщение,% по объёму	2,34	2,38	2,50	2,50
Набухание, % по объёму	0,30	0,34	0,40	0,50
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	2340	2360	2360	2340
Коэффициент водостойкости	0,91	0,95	0,94	0,95
Содержание битума, % мас.	7,1	6,0	7,2	7,0

Как видно, наибольшую прочность асфальтобетона обеспечивает использование минеральной добавки из доменного шлака при всех температурах испытания. Добавки меньше способствуют набуханию асфальтобетона по сравнению с известным составом. Коэффициент водостойкости асфальтобетона несколько ниже при использовании цементной пыли, при использовании остальных добавок его значения сравнимы между собой, в то же время при использовании золы–уноса расход битума на 1% меньше, чем при использовании известняка в качестве минеральной добавки.

В составе цементной пыли содержится определённое количество щелочных соединений, которое повлияло на снижение водостойкости асфальтобетона. Для предотвращения выдувания цементной пыли из–за высокой дисперсности частиц предлагается провести её предварительную обработку определённым количеством битума в зависимости от его вязкости.

В составе золы–уноса имеются кварц в виде трещиноватых зерен неправильной формы, полевой шпат–зерна угловатой формы, стеклоподобное вещество, углистое вещество и др. Эти частицы в составе асфальтобетонной смеси обеспечивают хорошую её уплотняемость за счёт уменьшения трения шероховатых поверхностей частичек при уплотнении. При использовании данной добавки расход битума уменьшается до 1% по массе.

Высокая прочность асфальтобетона с минеральной добавкой из доменного шлака должна обеспечить сдвигустойчивость асфальтобетонного покрытия. Однако получение минеральной добавки для асфальтобетона из доменного шлака имеет сложности технологических процессов отделения шлаковой муки от общего массива шлака в отвале.

В работе [15] сделан анализ гранулометрического состава отходов флюсовых известняков на предприятиях горнорудной промышленности на предмет их использования в качестве минеральной добавки в составе асфальтобетонной смеси. Данные отходы содержат более 25% пылеватых и глинистых частиц, поэтому их использование в качестве компонента дорожного асфальтобетона невозможно без дополнительной переработки для выделения указанных частиц. В то же время данные отходы можно использовать как техногенный крупнообломочный грунт в конструкциях земляного полотна и дорожных одежд при условии укрепления вяжущими материалами для повышения прочности, водостойкости и морозостойкости, а также для снижения отрицательного влияния пылевидных и глинистых частиц на физико–механические характеристики указанных конструкций.

Согласно изобретениям [16–19] для улучшения физико–механических свойств асфальтобетона в его состав введены отходы отработанной формовочной смеси (ОФС) литейных форм, используемых в производствах стальных деталей, и отсева дробления щебня.

Как при использовании только отхода формовочной смеси литейных форм, так и при его совместном применении с отсевом дробления щебня, прочность асфальтобетона повышается, снижается его водонасыщение, возрастает коэффициент водостойкости, также повышаются сдвигустойчивость и трещиностойкость. Использование указанных отходов также снижает себестоимость получаемого асфальтобетона и расширяет номенклатуру материалов, используемых в дорожном строительстве.

Основой отработанной формовочной смеси является кварцевый песок с содержанием SiO<sub>2</sub>=95–98%, что характеризует данный материал как кислый. При создании форм для отливки металлических изделий кварцевый песок обрабатывается формальдегидом и отвердителем многократно, в результате такой обработки происходит модификация поверхности кварцевого песка, при этом уменьшается кислотность смеси за счёт остатков фенола и отвердителя на поверхности частиц песка, в результате происходит более прочное сцепление битума с поверхностью частиц ОФС, чем при использовании кварцевого песка [18,19].

В некоторых случаях для повышения активности минеральной добавки к битумам её предварительно активизируют обработкой различными активирующими смесями, содержащими поверхностно-активные вещества (ПАВ). Применяемые ПАВ являются различными веществами: гудроны, жирные синтетические кислоты C<sub>17</sub> – C<sub>20</sub>, петролатумы и др. Обычно общее количество активирующей добавки составляет 1,5–2,5% от массы минерального порошка [20]. Так, в работе [21] в качестве активирующей смеси минеральной добавки использовано битумно-каучуковое вяжущее и ПАВ при соотношении компонентов, мас. %: битумно-каучуковое вяжущее 1,0–3,0; ПАВ 1,0–1,1; минеральный порошок–остальное. Битумно-каучуковое вяжущее имеет высокий показатель адгезии с поверхностью каменных материалов, широким интервалом пластичности и более высокими значениями пенетрации и растяжимости при 0°С. По данным [22], при использовании данного активированного порошка в составе асфальтобетона возрастают его водостойкость и трещиностойкость, на 30–40% повышается модуль упругости при температуре 10°С и в 2–3 раза снижается хрупкость покрытия дороги. Также понижается температура укладки асфальтобетонной смеси с 120°С до 90°С с сохранением физико-механических характеристик и увеличивается жизнеспособность смеси в 1,5–2,0 раза.

Микрокремнезём или диоксид кремния SiO<sub>2</sub> имеет широкое применение в различных производствах материалов. Обычно при его использовании предварительно его модифицируют металлами, полимерами, ПАВ и др. Кремнезём, обработанный спиртами, называется этирифицированный. Его химическая формула SiO–R, где R– CH<sub>3</sub>, или C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, или C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>. Этирифицированный кремнезём является белым порошком с размером частиц 3–40 нм, удельной поверхности 337–346 м<sup>2</sup>/г, его гидрофобность варьируется в пределах 87–95% [22]. В работе [23] он использован для получения битумного вяжущего совместно с низкоокисленным атактическим полипропиленом при соотношении компонентов, мас. %: битум– 90,0–99,0; низкоокисленный атактический полипропилен 0,5–5,0; этирифицированный кремнезём –0,5–5,0. Данное вяжущее было использовано для получения горячего асфальтобетона, который имеет повышенный предел прочности до 30%, пониженное водонасыщение до 50%, также его морозостойкость возрастает до 45% по сравнению с характеристиками асфальтобетона без этирифицированного кремнезёма.

Согласно патенту [24] дорожное покрытие для поверхностной обработки асфальтобетона содержит окисленный битум и битумно-полимерный модификатор HL, ксилол в качестве растворителя и доломитовую муку в качестве минеральной добавки. Применение окисленного битума способствует повышению теплоустойчивости дорожного покрытия. Битумный модификатор HL состоит из битума, раствора полиэтилена в стироле и добавок – антиокислительные, адгезионные и гидроизоляционные.

Модификатор HL способствует процессу возникновения молекулярных связей между битумом и поверхностью частиц доломитовой муки, в результате чего повышаются адгезионные и диффузионные свойства покрытия.

Адгезия предложенного покрытия к поверхности асфальтобетона дороги происходит за счёт его химического соединения с его битумной составляющей с образованием однородного водонепроницаемого материала. Процесс полимеризации вяжущего протекает в течение суток и более с образованием сополимера, который увеличивает пластичность и эластичность верхнего дорожного слоя.

Экспериментальное испытание предложенного покрытия показало, что его водонасыщение всего 3,43%, что ниже требуемых нормативных значений (не более 4,5%), а коэффициент сцепления резиновых шин с дорожным покрытием 0,33 против 0,3 для обычного асфальтобетона. Авторы [24] считают, что нанесенные слои предложенного покрытия могут эксплуатироваться в атмосферных условиях в диапазоне температур окружающей среды от +50°С до –40°С без ограничений во влажности.

В работе [25] разработан состав концентрата полимерно-битумного вяжущего, состоящего из термоэластопласта (10–50 %), пластифицирующего компонента (10–50), битума нефтяного дорожного (10–50%), стабилизирующей добавки (0–50%) и минерального порошка (0–10%). В качестве стабилизирующей добавки используется целлюлозное, асбестовое и базальтовое волокно, а в качестве минерального порошка – известь гидратная, каолин, мел и микроволластонит.

Данный концентрат можно добавить в битум для получения полимерно-битумного вяжущего, а при добавлении к асфальтобетонную смесь образуется полимерасфальтобетон. Каждый компонент состава концентрата оказывает вяжущему и асфальтобетону определённые эффекты: термоэластопласт расширяет интервал пластичности вяжущего и повышает стойкость асфальтобетона к образованию колеи, пластифицирующий компонент регулирует пенетрацию битума и увеличивает трещиностойкость асфальтобетона, в составе битума стабилизирующая добавка не применяется, однако она в составе асфальтобетонной смеси повышает коэффициент её стекания. Битум нефтяной состава концентрата является технологической добавкой, в составе вяжущего и асфальтобетонной смеси обеспечивает грануляции смеси и влияет на коэффициент агломерации модификатора, а минеральная добавка является также технологической, и она снижает индекс агломерации гранулы в составе вяжущего и асфальтобетонной смеси.

В исследованиях [26] разработана технология получения резинобитумных вяжущих модификаций битума резиновыми отходами в виде мелкодисперсной крошки размером в 1 мм. Для активации резиновой добавки в состав резинобитумного вяжущего использованы высокомолекулярные нефтяные кислоты в количествах до 2%. Резинобитумное вяжущее введено в состав асфальтобетонной смеси совместно с минеральной добавкой из отсева каменного карьера. Прочность полученного асфальтобетона составила при температуре 20°C 3,8МПа, при 50°C—1,9МПа против 2,0 МПа и 0,9МПа, коэффициент водостойкости 0,98 против 0,75 соответственно по требованиям ГОСТ 9827– 97 [27].

Автор работы [28] считает, что последовательность введения компонентов состава асфальтобетонной смеси в смеситель влияет на формирование структуры смеси и асфальтобетона, а также на продолжительность приготовления однородной смеси. Введение в смеситель в первую очередь крупных фракций заполнителя и затем битумно–полимерного вяжущего для непродолжительного перемешивания, затем перемешивания с минеральным порошком позволяет сократить время приготовления смеси до 2 разов, получить асфальтобетон высокого качества по физико–механическим показателям, водостойкости и трещиностойкости при сокращении расхода битумно–полимерного вяжущего на 10–15%.

### Заклучение

Из результатов вышеупомянутого анализа следует, что интенсивность движения транспортных средств оказывает негативное влияние на основание и покрытие автомобильных дорог. Минеральные добавки уплотняют структуру каркаса асфальтобетона и стабилизируют плотность битумного слоя. Они также снижают расход органического вяжущего в асфальтобетоне и положительно влияют на экономию времени и энергии в процессе подготовки и формирования асфальтобетонной смеси в дорожной конструкции. В качестве порошков активных минеральных добавок используют порошки различных веществ, улучшающих свойства парафина для обеспечения долговечности асфальтобетона при эксплуатации автомобильных дорог.

### Литература

1. Патент 2 102 355 РФ, С 04 В 26/26, 20/10// (С 04 В 26/26,18/04. Горячий песчанистый асфальтобетон на активированном кварцевом заполнителе/ С.Ф.Коренькова, Г.В. Макридов// заявл.26.07.1996, опубл.20.01.1998.
2. Патент 2 256 628 РФ, С 04 В 26/26. Активированный минеральный порошок для асфальтобетонной смеси / А.М.Сергута, С.А.Дымов// заявл.22.04.2004, опубл.20.07.2005, Бюл. №20.
3. Подольский, Вл.П., Ерохин, А.В. Коррозионная устойчивость асфальто–бетонов с использованием минерального порошка из углеродсодержащих материалов/ Вл.П. Подольский, А.В. Ерохин //Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. – 2008. – Выпуск №1(9). –С.149–152.
4. Патент 2 500 635 РФ, С 04 В 26/26, С 08 L 95/00. Асфальтобетонная смесь/ В.В. Яковлев, Ю.А. Кутыин, З.У. Асадуллина, Г.Н. Викторова, М.М. Фаттахов//заявл.10.04.2012, опубл.10.12.2013, Бюл. №34.
5. Подольский, Вл.П., Черноусов, В.И. Влияние шунгитового минерального порошка на изменение структурно–механических свойств асфальтобетона во времени/ Вл.П. Подольский, В.И Черноусов //Наука и инновации в строительстве (SIB–2008): междунар. конгресс: в 2 т.Т.1. Современные проблемы материаловедения и технологии. Кн.2. –Воронеж: ВГАСУ. –2008. – С. 394–399.
6. Черноусов, Д.И., Щербинина, С.Е. Обоснование возможности применения минерального порошка из шунгита в асфальтобетонных смесях // Д.И. Черноусов, С.Е. Щербинина//Наука и техника в дорожной отрасли. –2009. – №2. – С.34–35.
7. Подольский, Вл.П., Быкова, А.А., Черноусов, В.И. Влияние шунгитового минерального порошка на устойчивость структуры асфальтобетона в условиях увлажнения/ Вл. П. Подольский, А.А. Быкова, В.И. Черноусов // Труды первого всероссийского дорожного конгресса. –М.: МАДИ,2009. –С. 219–222.
8. Черноусов, Д.И., Подольский, Вл.П., Труфанов, Э.В. Исследование усталостной долговечности асфальтобетона на основе шунгитового минерального порошка/ Д.И. Черноусов, Вл.П. Подольский, Э.В. Труфанов //Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. –2011. –Вып.1(21). – С.80–86.
9. Подольский, Вл.П., Лукашук, А.Г., Черноусов, В.И. Научно–практические результаты использования асфальтового шунгито–битумного вяжущего в дорожном строительстве / Вл.П. Подольский, А.Г. Лукашук, В.И. Черноусов–//Воронежский ГАСУ: Всероссийская научная конференция «Градостроительство, инфраструктура, коммуникации», 2014. –Т.3. – С.82–91.
10. Грехов, П.И. Влияние активных минеральных добавок на структуру и физико–механические характеристики известково–кремнезёмистых изделий: дисс. канд. тех. наук/П.И. Грехов. –Челябинск, 1997. –124с.
11. Грехов, П.И. Улучшение параметра укрывистости битумов при введении модифицирующих добавок природного происхождения /П.И. Грехов//Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». –2016. – Т.16, №4. – С.33–37.
12. Грехов, П.И., Заводов, С.В. Исследование влияния введения модифицирующих добавок на физические и экономические показатели асфальтобетонов/ П.И. Грехов, С.В. Заводов//Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура»–2017, №4. – С.40–43.
13. Доля, А.Г., Доля, Р.А. Эффективное использование вторичных ресурсов Донбасса в дорожном строительстве /А.Г. Доля, Р.А. Доля//Харьков: НТМТ, 2013. –170с.

14. Доля, А.Г., Попов, Р.К., Северин, Д.В., Терещенко, А.О., Катерина, А.В. Влияние минеральных порошков различной природы получения на свойства асфальтобетона / А.Г. Доля, Р.К. Попов, Д.В. Северин, А.О. Терещенко, А.В. Катерина //Вестник Донбасской НАСА. Современные строительные материалы, 2018. – Выпуск 1(129). – С.114–118.
15. Барбо, А.С., Вржещ, Д.В., Павленко, А.А., Решетников, А.С., Стукалов, А.А., Бородай, Д.И. Исследование физико–механических свойств отсева дробления известняка с целью использования в дорожном строительстве/ А.С. Барбо, Д.В. Вржещ, А.А. Павленко, А.С. Решетников, А.А. Стукалов, Д.И. Бородай //Вестник Донбасской НАСА. Современные строительные материалы, 2018. –Выпуск 1(129). – С.101–107.
16. Патент 2 697 468 РФ, С 04В 26/26, E01С 7/22, C08L 95/00, Асфальтобетон/ К.Ю. Тюрюханов, К.Г. Пугин, Л.С. Щепетева, В.Ю. Кузнецов и др.// заявл. 10.01.2019, опубл. 14.08.2019, Бюл. – №23.
17. Патент 2.731 236 РФ, C04В 26/26, C08L 95/00, E01С 7/22, (НАЗВАНИЕ ПАТЕНТА) /Я.И. Вайсман, К.Г. Пугин, Л.В. Рудакова, И.С. Глушанкова и др.// заявл. 23.12.2019, опубл.31.08.2020, Бюл. – №25.
18. Тюрюханов, К.Ю., Пугин, К.Г. Исследование взаимодействия битума с минеральными частицами в асфальтобетоне /К.Ю. Тюрюханов, К.Г. Пугин //Транспортные сооружения. –2018. –Т.5, – №1. – С.19.
19. Тюрюханов, К.Ю., Пугин, К.Г. Особенности взаимодействия битума с отработанной формовочной смесью / К.Ю. Тюрюханов, К.Г. Пугин// Сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно–практической конференции: Роль опорного вуза в развитии транспортно–энергетического комплекса Саратовской области (ТРАНСЭНЕРГОКОМ–2018). –2018. – С.414–416.
20. Материалы и изделия для строительства дорог/ Под ред. Н.В. Горельшева. –М.: Транспорт, 1986. –288с.
21. Патент 2.160 238 РФ, С 04В26/26. Активированный минеральный порошок для асфальтобетонных смесей/ А.И. Дунаев, В.В. Канеевский, З.А. Файрузов, Д.И. Косоренков, Р.З. Хазипов //заявл. 14.12.1999, опубл. 10.12.2000.
22. Айлер Р. Химия кремнезёма. Пер. с англ.–М.: Мир,1982. Ч.2. –567с.
23. Патент 2.448 994 РФ, C08L 95/00. Битумное вяжущее /Абдуллин, И.А., Абдуллин, А.И., Тимофеев, Н.Е., Емельянова, Е.А.//заявл.19.04.2010, опубл. 27.04.2012, Бюл. №30.
24. Патент 2 560 033 РФ, С 04В 26/26, C08L 95/00, C04В 111/20. Дорожное покрытие/Я.Г. Тамурова, И.Г. Гершман// заявл. 06.11.2013, опубл. 20.08.2015, Бюл. №23.
25. Патент 2 718 068 РФ, C08L 95/00. Концентрат полимерно–битумного вяжущего / С.А. Анисимов, А.А. Шимов, А.К. Тезин// заявл. 22.01.2020, опубл. 30.03.2020.
26. Шихалиев, К.С., Абдуллаева, М.Я. Исследование влияния минерального наполнителя на свойства дорожно–строительного битума/ К.С. Шихалиев, М.Я. Абдуллаева//Пластические массы, 2017. –№9–10. – С.35–37.
27. ГОСТ 9827–97 Смесей асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.
28. Данильян, Е.А. Оптимизация технологических режимов приготовления асфальтобетонных смесей на битумно–полимерных вяжущих/ Е.А. Данильян// Вестник Северо–Кавказского ГТУ. Строительство и транспорт. – 2009, №4 (21). – С.70–75.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ(AUTHORS BACKGROUND)**

TJ	RU	EN
Тошов Чонон Зухуриддинович ассистент	<i>Тошов Джонон Зухуриддинович</i> ассистент	<i>Toshov Jonon Zuhuriddinovich</i> assistant
Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи М.С. Осимӣ.	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими.	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi.
<a href="mailto:tjz90@mail.ru">tjz90@mail.ru</a>		
ORCID Id 0000-0001-7443-1450 (+992) 935-57-75-88		
TJ	RU	EN
<i>Шарифов Абдумумин</i> доктори илмҳои техники, профессор	<i>Шарифов Абдумумин</i> доктор технических наук, профессор	<i>Sharifov Abdumumin</i> doctor of technical sciences, professor
Донишгоҳи давлатии Данғара	Дангаринский государственный университет	Dangara State University
<a href="mailto:Sharifov49@mail.ru">Sharifov49@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
<i>Шарипов Фарход Баротович</i> номзади илмҳои техники, муаллими калон	<i>Шарипов Фарход Баротович</i> кандидат технических наук, старший преподаватель	<i>Sharipov Farhod Barotovich</i> Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer
Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи М.С. Осимӣ.	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими.	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi.
<a href="mailto:abdullo.1982@mail.ru">abdullo.1982@mail.ru</a>		
ORCID Id 0000-0002-7865-6304		

УДК 691.335

**ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА****А.А.Акрамов**

Таджикский технический университет им. акад. М.С.Осими

Аннотация. В статье представлены результаты исследования влияния модификаторов и добавок на физико-механические и реологические свойства мелкозернистого бетона и экономическая эффективность применения мелкозернистого бетона.

Выявлено, что основным фактором, который влияет на прочность мелкозернистого бетона, является его водоцементное отношение. Малое количество цемента в смеси снижает удобоукладываемость и укладку бетона, что приводит к снижению показателей прочности и плотности. При большом количестве цемента в смеси расходуется большое количество воды, что приводит к увеличению пористости и понижению прочности бетона. Поэтому используют суперпластификаторы, которые уменьшают расход воды в смеси бетона.

Ключевые слова: бетонная смесь, мелкозернистый бетон, суперпластификаторы, модификаторы, плотность, прочность, пористость.

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТАРКИБИ БЕТОНИ МАЙДАДОНаДОР**

Аннотатсия. Дар мақола нагиҷаҳои таҷқиқоти таъсири тағирдиҳандаҳо ва иловаҳо ба ҳосиятҳои физикӣ-механикӣ ва реологии бетонои майдадонадор ва самаранокии иқтисодии истифодаи бетонои маҳин оварда шудаанд.

Муайян карда шуд, ки омилҳои асосӣ, ки ба мустаҳкамӣи бетонои майдадонадор таъсир мерасонад, таносуби оби цементӣ он мебошад. Миқдори ками семент дар омехта қобилияти коршоямӣ ва ҷойгиркунии бетонро коҳиш медиҳад, ки ин боиси паст шудани нишондиҳандаҳои мустаҳкамӣ ва зичии бетон мегардад. Дар сурати, дар омехтаи бетон зиёд будани семент миқдори зиёди об сарф мешавад, ки ин боиси зиёд шудани ковокӣ ва кам шудани мустаҳкамӣи бетон мегардад. Бинобар ин суперпластификаторҳо истифода мешаванд, ки сарфи обро дар омехтаи бетон кам мекунанд.

Калимаҳои калидӣ: омехтаи бетон, бетонои майдадонадор, суперпластификаторҳо, тағирдиҳандаҳо, зичӣ, мустаҳкамӣ, ковокӣ.

**OPTIMIZATION OF THE COMPOSITION OF FINE-GRAINED CONCRETE**

Summary. The article presents the results of a study of the influence of modifiers and additives on the physical-mechanical and rheological properties of fine-grained concrete and the economic efficiency of using fine-grained concrete.

It was revealed that the main factor that affects the strength of fine-grained concrete is its water-cement ratio [1-3]. A small amount of cement in the mixture reduces workability and concrete placement, which leads to a decrease in strength and density indicators. With a large amount of cement in the mixture, a large amount of water is consumed, which leads to an increase in porosity and a decrease in concrete strength. Therefore, superplasticizers are used, which reduce the consumption of water in the concrete mixture.

Keywords: concrete mix, fine-grained concrete, superplasticizers, modifiers, density, strength, porosity.

**Введение**

При современном строительстве зданий и сооружений основным материалом является бетон, который обладает высокими эксплуатационными свойствами. Использование бетона в строительстве в течение многих веков развивалось и оно совершенствуется. В настоящее время для получения бетона с высокими показателями прочности и плотной структуры, которую называют мелкозернистым бетоном, специалисты всего мира ведут разработки. При применении мелкого заполнителя в состав бетона повышается его однородность, за счет этого получают высокие показатели прочности бетона с повышением плотности и однородности материала, количество пустот резко может снижаться и значительно уменьшается водоцементное отношение благодаря сокращению промежуточной зоны между цементным камнем и заполнителем. Добавки используют для совершенствования качества мелкозернистого бетона, они обеспечивают подвижность бетонной смеси и снижают количество воды [2-3].

При замене крупного заполнителя в бетоне песком уменьшаются размеры микротрещин, и увеличивается прочность на растяжение и сжатие в бетоне.

**Материалы и методы исследования**

Для приготовления образцов применяли мелкий заполнитель (мытый песок реки Душанбинка и дробленый песок); цемент – портландцемент М400 и портландцемент сульфатостойкий М400 Душанбинского цементного завода (Таджик Мохир); модификатор – микрокремнезем (отходы производства керамзитового завода районе Вахдат) в количестве 10%, 20% и 30%; суперпластификаторы: С-3, Sika Viskocrete, Cemmix CemPlast.

Структура мелкозернистого бетона имеет следующие особенности:

- отсутствует жесткий скелет крупного заполнителя;
- присутствует большое количество заполнителей;
- увеличенное массосодержание в составе бетона твердой бетонной смеси;
- повышена пористость смеси.

Параметры песка как мелкого заполнителя:

- крупный песок Мкр.=3,53;
- мелкий песок Мкр.=1,33;

- дробленный песок Мкр.=3,42.

Образцы приготавливали согласно стандарту: кубики размерами 15х15х15 см на сжатие для определения прочности бетона. Испытания проводились на малогабаритном гидравлическом прессе ПГМ-500МГ4А., НИИ «Строительство и архитектура».

### Результаты исследования

Результаты по составу бетонной смеси с заполнителем из мытого песка реки Душанбинка и содержание микрокремнезема в количестве 10%, 20% и 30% от массы цемента (образцы 1-3) приведены в табл.1. [1]

Таблица1.

Состав бетонной смеси

№ образца	1	2	3
	(Ц+МК):П=1:2		
	10% микрокрем.	20% микрокрем.	30% микрокрем.
Цемент (кг/м <sup>3</sup> )	1050	960	840
Микрокремнезем (кг/м <sup>3</sup> )	105	192	252
Мытый песок (фракции 0-5)	2280		
Вода (литр/ м <sup>3</sup> )	485	575	625
Суперпластификатор С-3	12 мл – 1% от (МК+Ц)		
Водоцементное отношение	0,462	0,6	0,744
Плотность смеси, (кг/м <sup>3</sup> )	2275	2175	2165
Распływ на столике, см	21	21,5	22

В первом образце содержание микрокремнезема составляет 10% от массы цемента, то есть 105 кг/м<sup>3</sup>, цемента – 1050 кг/м<sup>3</sup>, расход воды – 485 кг/м<sup>3</sup> для образца размером 15х15х15 см, оно составляет – 1,64 литра, то есть водоцементное отношение равняется – 0,462. При этом плотность смеси составила – 2275 кг/м<sup>3</sup> и распływ на встряхивающем столике составил – 21 см.

Во втором образце содержание микрокремнезема составляет 20% от массы цемента, то есть 192 кг/м<sup>3</sup>, цемента – 960 кг/м<sup>3</sup>, расход воды – 575 кг/м<sup>3</sup> для образца размером 15х15х15 см, оно составляет – 1,94 литра, то есть водоцементное отношение равняется – 0,6. При этом плотность смеси составила 2175 кг/м<sup>3</sup> и распływ на встряхивающем столике составил – 21,5 см.

В третьем образце содержание микрокремнезема составляет 30% от массы цемента, то есть 252 кг/м<sup>3</sup>, цемента – 840 кг/м<sup>3</sup>, расход воды – 625 кг/м<sup>3</sup> для образца размером 15х15х15 см, оно составляет – 2,1 литра, то есть водоцементное отношение равняется 0,744. При этом плотность смеси составила – 2165 кг/м<sup>3</sup> и распływ на встряхивающем столике составил – 22 см.

Во всех образцах мытый песок реки Душанбинка составляет – 2280 кг/м<sup>3</sup> и содержание суперпластификатора С-3 составляет – 12 мл – 1% от массы микрокремнезема с цементом.

На рис. 3 представлены результаты испытания образцов на прочность

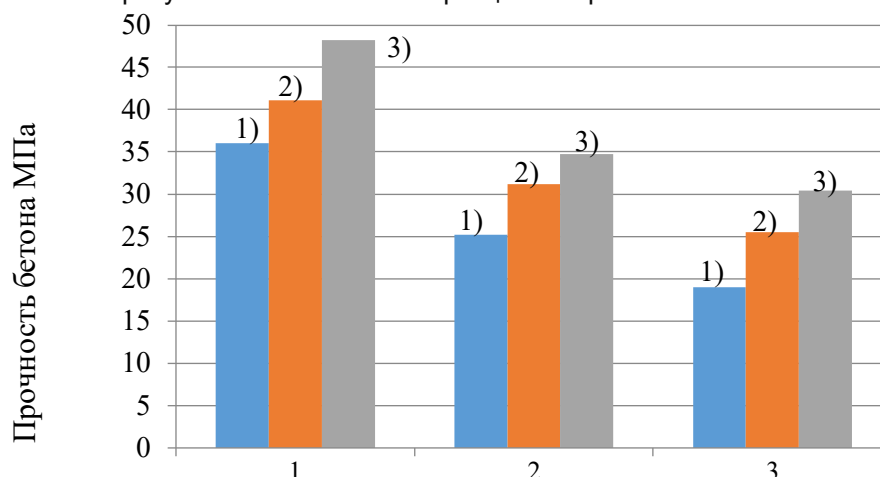


Рис.3. Показатели прочности бетона: 1) – 7 сут; 2) – 14 сут; 3) – 28 сут.

Из рис.3 видно, что наибольшая прочность у образца №1 через 28 сут твердения равна – 57 МПа.

Приготавливаем образцы 4-7, содержащие от массы цемента:

- микрокремнезем – 30%;
- гиперпластификатор Sika – 1%.

Результаты по составу бетонной смеси с заполнителем из мытого песка реки Душанбинка (образцы 4-7) приведены в табл. 2.

Таблица 2.

№ образца	Состав бетонной смеси			
	4	5	6	7
	(Ц+МК):П=1:2 30% микрокремнезем			
Цемент (кг/м <sup>3</sup> )	785	865	785	785
Микрокремнезем	345	375	345	345
Мытый песок (фр. 0-5)	2225			
Вода (литр/ м <sup>3</sup> )	485	545	695	645
Суперпластификатор	12 мл – 1% С-3 от (МК+Ц)	12 мл – 1% Sika от (МК+Ц)	12 мл – 1% ЩСПК от (МК+Ц)	12 мл – 1% СП-2 от (МК+Ц)
Водоцементное отношение	0,462	0,4	0,615	0,575
Плотность смеси, (кг/м <sup>3</sup> )	2275	2215	2065	1985
Распływ на столике, см	22	20	21	21

В первом образце содержание: микрокремнезема составляет 30% от массы цемента, то есть 345 кг/м<sup>3</sup>; цемента - 785 кг/м<sup>3</sup>, расход воды – 485 кг/м<sup>3</sup> для образца размером 15х15х15 см, оно составляет 1,64 литра, то есть водоцементное отношение равняется – 0,462. При этом плотность смеси составила – 2275 кг/м<sup>3</sup> и распływ на встряхивающем столике составил – 22 см; суперпластификатор С-3 составляет – 12 мл – 1% от массы микрокремнезема с цементом.

В втором образце содержание: микрокремнезема составляет 30% от массы цемента, то есть 375 кг/м<sup>3</sup>; цемента - 865 кг/м<sup>3</sup>, расход воды – 545 кг/м<sup>3</sup> для образца размером 15х15х15 см, оно составляет 1,84 литра, то есть водоцементное отношение равняется – 0,63. При этом плотность смеси составила – 2215 кг/м<sup>3</sup> и распływ на встряхивающем столике составил – 20 см; суперпластификатор Sika составляет – 12 мл – 1% от массы микрокремнезема с цементом.

В третьем образце содержание: микрокремнезема составляет 30% от массы цемента, то есть 345 кг/м<sup>3</sup>; цемента - 785 кг/м<sup>3</sup>, расход воды – 695 кг/м<sup>3</sup> для образца размером 15х15х15 см, оно составляет 2,34 литра, то есть водоцементное отношение равняется – 0,885. При этом плотность смеси составила – 2065 кг/м<sup>3</sup> и распływ на встряхивающем столике составил – 21 см; ЩСПК составляет – 12 мл – 1% от массы микрокремнезема с цементом.

В четвертом образце содержание: микрокремнезема составляет 30% от массы цемента, то есть 345 кг/м<sup>3</sup>; цемента - 785 кг/м<sup>3</sup>, расход воды – 645 кг/м<sup>3</sup> для образца размером 15х15х15 см, оно составляет 2,18 литра, то есть водоцементное отношение равняется – 0,821. При этом плотность смеси составила – 1985 кг/м<sup>3</sup> и распływ на встряхивающем столике составил – 21 см; суперпластификатор СП-2 составляет – 12 мл – 1% от массы микрокремнезема с цементом.

Во всех образцах мытый песок реки Душанбинка составляет – 2225 кг/м<sup>3</sup>.

На рис. 4 представлены результаты испытания образцов на прочность

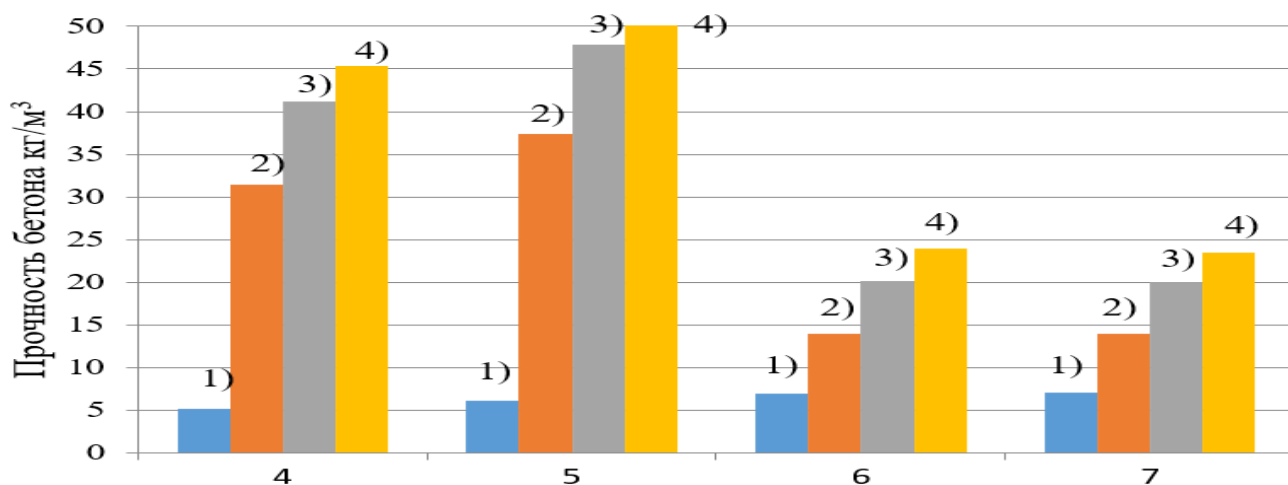


Рис.4. Показатели прочности бетона: 1) – 3 сут; 2) – 7 сут; 3) – 14 сут; 4) – 28 сут.

Наибольшую прочность достигает образец №5 через 28 сут твердения и она равна – 50 МПа. Надо отметить, что плотность у образца №5 равна - 2215 кг/м<sup>3</sup> и водоцементное отношение равно 0,4. Добавка



из суперпластификатора Sika в количестве 12 мл – 1% (МК+Ц) содействует повышению прочности и плотности бетона.

В таблице 3 приведены данные образца по составу бетонной смеси с заполнителем из мытого песка реки Душанбинка (образцы 8-10).

Таблица 3.

№ образцов	Состав бетонной смеси		
	8	9	10
	(Ц+МК):П=1:2 30% микрокремнезем		
Цемент (кг/м <sup>3</sup> )	785		
Микрокремнезем	223,5		
Мытый песок (фракции. 0-5)	2225		
Вода (литр/ м <sup>3</sup> )	655	645	645
Суперпластификатор С-3	12 мл Plast – 1% от (МК+Ц)	12 мл С-3 – 1% от (МК+Ц)	12 мл Sika – 1% от (МК+Ц)
Водоцементное отношение	0,847	0,821	0,821
Плотность смеси, (кг/м <sup>3</sup> )	2065	2225	2215
Распływ на столике, см	21	24,5	27,5

В восьмом образце содержание: суперпластификатора Plast 12 мл– 1% от (МК+Ц); расход воды – 655 кг/м<sup>3</sup> для образца размером 15х15х15 см, оно составляет – 2,21 литра, то есть водоцементное отношение равняется – 0,847. При этом плотность смеси составила – 2065 кг/м<sup>3</sup> и распływ на встряхивающем столике составил – 21 см.

В девятом образце содержание: суперпластификатора С-3 12 мл– 1% от (МК+Ц); расход воды – 645 кг/м<sup>3</sup> для образца размером 15х15х15 см, оно составляет – 2,17 литра, то есть водоцементное отношение равняется – 0,821. При этом плотность смеси составила 2225 кг/м<sup>3</sup> и распływ на встряхивающем столике составил – 24,5 см.

В десятом образце содержание: суперпластификатора Sika 12 мл– 1% от (МК+Ц); расход воды – 645 кг/м<sup>3</sup> для образца размером 15х15х15 см, оно составляет – 2,17 литра, то есть водоцементное отношение равняется 0,821. При этом плотность смеси составила – 2215 кг/м<sup>3</sup> и распływ на встряхивающем столике составил – 27,5 см.

Во всех образцах мытый песок реки Душанбинка составляет – 2225 кг/м<sup>3</sup>; микрокремнезем 30% от массы цемента – 223,5 кг/м<sup>3</sup>; цемент – 785 кг/м<sup>3</sup>.

На рис. 5 представлены результаты испытания образцов на прочность

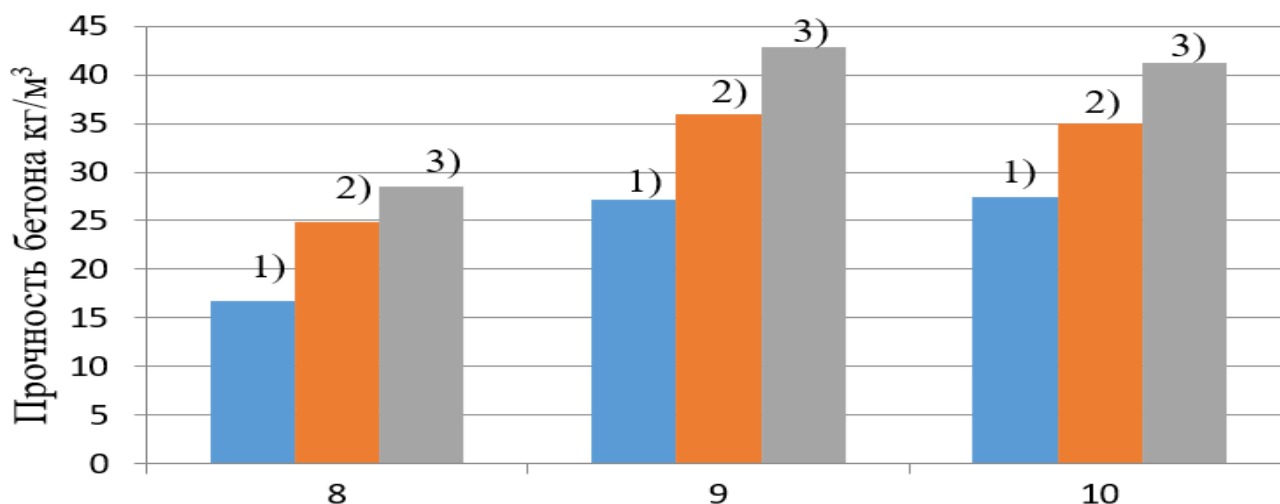


Рис.5. Показатели прочности бетона: 1) – 7 сут; 2) – 14 сут; 3) – 28 сут.

Наибольшую прочность достигает образец №9 через 28 сут твердения и она равна – 47,5 МПа. Надо отметить, что плотность у образца №5 равна - 2225 кг/м<sup>3</sup> и водоцементное отношение равно 0,821. Добавка из суперпластификатора С-3 в количестве 12 мл – 1% (МК+Ц) содействует повышению прочности и плотности бетона.

### Обсуждение

Микроскопическое изучение образцов, испытанных на прочность, показало, что разрушение происходит в основном в зоне контакта заполнителя с цементным камнем [1]. Из приведенных рисунков видно, что зерна песка кажутся вырванными из «гнезд» в цементном камне.

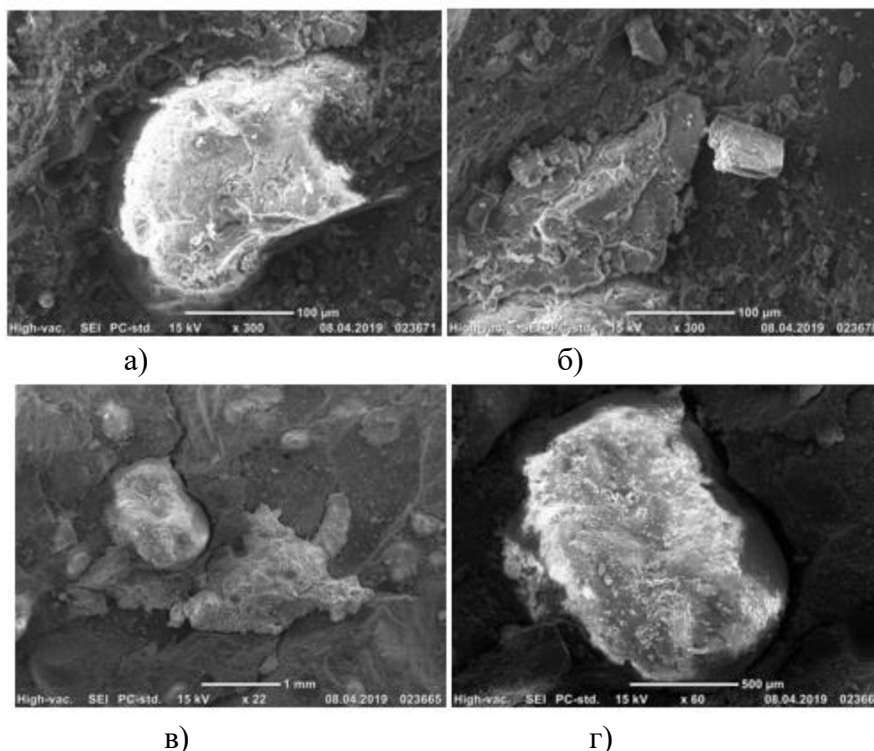


Рис.6. Зоны контактов между зернами песка и цементного камня. а) зерно в цементном камне; б) структура цементного камня; в) зерно песка в цементном камне; г) зона контакта зерна песка с цементным камнем.

На рис.6 представлена после испытания на прочность образцов зона контакта зерна песка с цементным камнем. Из рисунка видно, что контакты между зернами песка и цементного камня очень прочные и плотные. Разрушение происходит в зоне цементного камня.

При увеличении в 400 раз под микроскопом (рис.4 а) видно покрытие зерна песка полимерной составляющей гиперпластификатора Sika. Контакт между зерном песка и цементного камня ясная, видно плотное сцепление [1].

### Закключение

На рис.7 приведено сравнение образцов бетона из песка (образцы 3,4 и 5) и образцов дробленого песка (образцы 8,9 и 10).

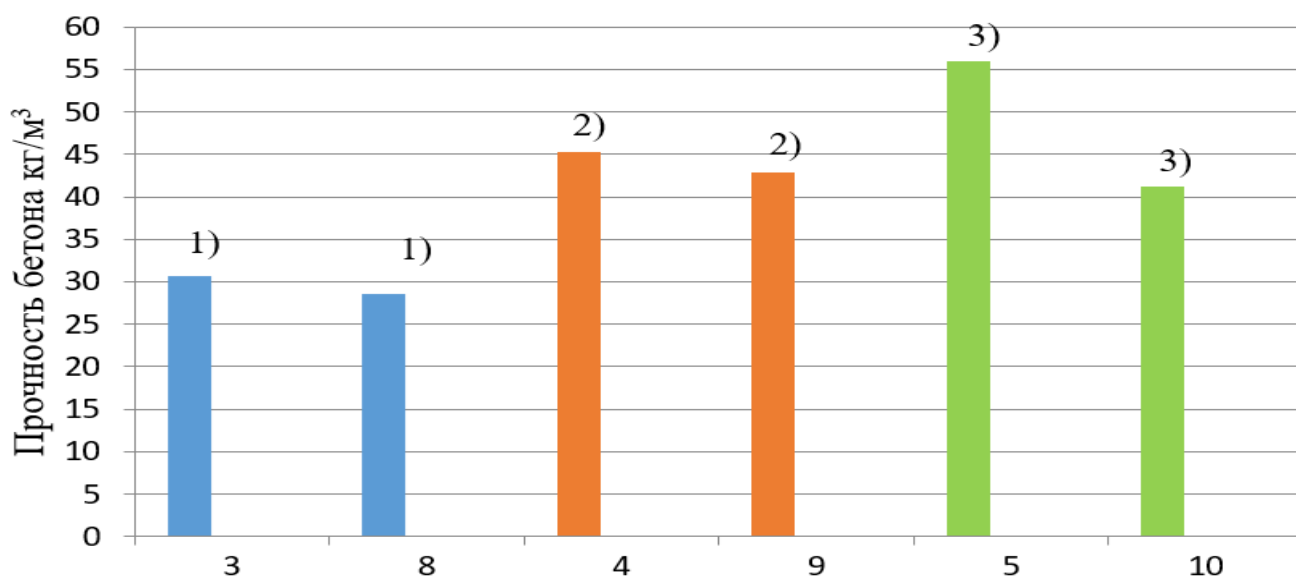


Рис.7. Зависимость прочности образцов от вида пластификатора и заполнителя. 1) – суперпластификатор CemPlast; 2) – суперпластификатор C-3; 3) – суперпластификатор Sika

Все образцы содержат: 30% микрокремнезема и пластификаторов (Sika, C-3, CemPlast [1].) в количестве 1% от массы (МК +Ц).

Из диаграммы видно, что прочность бетонных образцов (3, 4 и 5) на мытом песке реки Душанбинка больше прочности образцов (8, 9 и 10), чем на дробленном песке. Максимальная прочность у образца бетона с применением гиперпластификатора Sika - 56 МПа [1].

Следует также отметить, что добавки к цементам из микрокремнезема всегда являются менее энергозатратными, чем производство самого цемента, поскольку микрокремнезем уже образованный отход другого производства, не требующий энергозатрат. Его использование в качестве минеральной добавки цементов не только улучшает качество бетона, но и снижает энергоёмкость производства и себестоимость бетона [2-4].

### Список литературы

1. Шишканова, В.Н., Путилова, М.Н. Особенности структуры мелкозернистого бетона и его преимущества // Научно-методический журнал «Наука и образование: новое время», №3, 2018г.
2. Шарифов А., Акрамов А.А., Умаров У.Х., Хокиев М.К., Ахмедов М.Ф. Эффекты микронаполняющих минеральных добавок в бетоне // Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования 1(49), Душанбе: «Шинос», 2020. – С. 150–154.
3. Шарифов А., Акрамов А.А., Умаров У.Х., Хокиев М.К., Ахмедов М.Ф. Эффекты суперпластификаторов в бетонной смеси. // Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования 1(49), Душанбе: «Шинос», 2020. – С. 139–142.
4. Акрамов А.А., Назиров Я.Г., Муминов А.К. Водонепроницаемость бетона с одинарными и комплексными добавками// Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования 1(53), Душанбе: «Шинос», 2021. – С. 107–111.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ(AUTHORS BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Акрамов Аваз	Акрамов Аваз	Akramov.A.A.
номзади илмҳои техники, доцент	Кандидат технических наук, доцент	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи М.С. Осимӣ.	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими.	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi.
akramov.avaz@mail.ru		
ORCID Id 0000-0002-7084-9128		

УДК 624.042

## NUMERICAL DYNAMIC SOLUTION OF SLAB RESTING ON ELASTIC FOUNDATION BY SEQUENTIAL APPROXIMATION METHOD

Hajez A. F.

Tajik Technical University Named M. S. Osimi,

**Abstract:** The stress-strain state of rectangular slabs resting on elastic foundations of soil from the effect of uniformly distributed impulsive and harmonic loads are investigated. A new numerical solution based on Sequential Approximation method (SAM) is used to perform the model analysis of slab rested on soil subgrade reaction with freely boundary conditions, an iterative method is used to solve the differential equation. The slab assumed homogenous and isotropic, while the behavior was assumed linear and elastic. The developed algorithm by a computer program in C++ are implemented using the example of a square slab with all free edges resting on elastic foundation from the action of an instantaneous impulse and a harmonic load. The reliability of the results is confirmed by the data of numerical experiments carried out to analyze their convergence.

**Keywords:** Sequential Approximation Method, numerical dynamic analysis, boundary condition, elastic foundation, Soil subgrade reaction.

### ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ПЛИТ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ МЕТОДОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ АППРОКСИМАЦИЙ

В статье рассматривается решение динамической задачи плит на упругом основании численным методом последовательных аппроксимаций. На основе предложенной математической модели разработана компьютерная программа, и получены результаты расчета плиты на упругом основании от действия распределенного мгновенного импульса. Численными экспериментами исследованы вопросы сходимости и точности полученных результатов.

**Ключевые слова:** мгновенный импульс, метод последовательных аппроксимаций, упругое основание, граничные условия, численное моделирование, математическое моделирование.

### ҲАЛЛИ АДАДИИ МАСЪАЛАИ ДИНАМИКИИ ПЛИТАҲОИ ДОРОИ АСОСИ ЭЛАСТИКӢ БО ИСТИФОДА АЗ МЕТОДИ АППРОКСИМАТСИЯКУНОНИИ ПАЙ ДАР ПАЙ

Дар мақола ҳалли масъалаи динамикии плитаҳои дорои асоси эластикӣ бо истифода аз методи ададии аппроксиматсиякунонии пай дар пай дида баромада шудааст. Дар асоси модели математикии пешниҳодшуда барномаи компютерӣ коркард шуда, натиҷаҳои ҳисоби плита асоси эластикӣ дошта аз таъсири импульси лаҳзагӣ ба даст оварда шудаанд. Бо гузаронидани экспериментҳои ададӣ масъалаҳои наздикшавӣ ва дақиқии натиҷаҳои ҳисоб тадқиқ карда шудаанд.

**Калимаҳои калидӣ:** импульси лаҳзагӣ, методи аппроксиматсиякунонии пай дар пай, асоси эластикӣ, шартҳои канорӣ, моделкунонии ададӣ, моделкунонии математикии.

**Introduction:** The term of foundation describes a structural element that connected a structure to the ground. In a vast range of engineering applications, rectangular slabs resting on elastic foundations are considerable importance because they represent a class of commonly used structural elements that normally serve as the key load-bearing components, for example, rigid pavements, bridge decks, mat, and raft foundations. Thus their bending under external loading, became a mechanical behavior of significance crucial, and has received sufficient attention for many years. The research continues because some critical issues, seeking analytic solutions, for example, are still worthy of investigation. The method not only provides insights into approximate solutions, but is also very useful for design guidelines. The proposed method offers a rational elegant approach to solve dynamic problems of plate that are resting on elastic foundation.

**Equation of motion:** The governing differential equations for rectangular plate resting on elastic foundations with constant thickness are transferred into the framework of Kirchhoff-Love hypotheses [1]. Here is represented as follow:

$$\frac{\partial^4 z}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 z}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 z}{\partial y^4} = \frac{P}{D} \quad (1)$$

$$P(x, y, t) = p(x, y, t) - \mu \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} - c \frac{\partial z}{\partial t} - k_s z \quad (2)$$

Here:  $t$  – time,  $z(x, y, t)$  – slab deflection,  $\mu = \rho \delta$  – unit mass area,  $\rho$  – density,  $\delta$  – slab thickness,  $D = E \delta^3 / 12(1 - \nu^2)$  – cylindrical rigidity,  $E$  – modulus of elasticity,  $\nu$  – Poisson's ratio,  $c$  – coefficient of viscous damping and  $p(x, y, t)$  – the specified dynamic load.  $k_s = q/s$  – where, modulus of subgrade reaction  $k_s$  is indicated with loads per unit area  $q$  and vertical deformation  $s$ . The bending and twisting moments, and transverse forces are acted, upon the slab element, [14]. Thus can be replaced equation (1) by two of second order differential equations [1].

$$\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} = -P,$$

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = -\frac{M}{D}. \quad (3a,b)$$

Thus, instead of the inhomogeneous biharmonic equation (1), we obtained a system of two Poisson-type equation (3a,b) with unknown functions  $M$  and  $Z$ , each of which corresponds in type with the equation of uniformly stressed transversely loaded membrane, [3]. In order to obtain the solution of the problem in a general form, equation (3a,b) can be represented in non-dimension quantities. Therefore, we introduce dimensionless parameters:

$$\zeta = x/a, \quad \eta = y/b, \quad \tau = t/T_{11}, \quad m = M/p_0 ab, \quad w = Dz/p_0 a^2 b^2, \quad (4)$$

Here  $a, b$  – side dimensions of foundation slab,  $D$  – the cylindrical rigidity and  $p_0$  – intensity of the distributed dynamic load  $p(x, y, t)$  at arbitrary point (this load can be short-term or vibrational). With the action of the distributed impulsive load with intensity at an arbitrary point  $s_0$ , and  $p_0$  value in the equation (2) should be replaced by  $s_0 / T_{11}$ , where  $T_{11}$  – the natural period slab with simply supported edges [4].

$$T_{11} = \frac{2a^2 b^2}{\pi(a^2 + b^2)} \sqrt{\frac{\mu}{D}}, \quad \mu = \rho \delta = \gamma \delta / g.$$

Equations (5a,b) with allowance for equations (3a,b) are represented in dimensionless form [5]

$$\frac{\partial^2 m}{\partial \zeta^2} + \frac{\partial^2 m}{\partial \eta^2} = -q,$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial \zeta^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial \eta^2} = -m \quad (5a,b)$$

$$q = \bar{p} - \bar{\mu} \frac{\partial^2 w}{\partial \tau^2} - \bar{c} \frac{\partial w}{\partial \tau} - \bar{k}_s w, \quad (6)$$

Where  $\bar{p} = p(x, y, t) / p_0 = q T_{11} / s_0, \quad \zeta = x/a, \quad \eta = y/b, \quad \tau = t / T_{11}, \quad \bar{k} = k_s a^2 b^2 / D$   
 $m = M T_{11} / s_0 ab, \quad w = w D T_{11} / s_0 a^2 b^2, \quad \bar{\mu} = \frac{\mu a^2 b^2}{D T_{11}^2} = \frac{\pi^2 (1 + \alpha^2)^2}{4 a^2 b^2}, \quad \alpha = \frac{b}{a}.$   
 $\bar{c} = c a^2 b^2 / D T_{11} = 2 \xi \omega_{11} \mu \cdot a^2 b^2 / D T_{11}$   
 $= 4 \pi \xi \cdot \mu a^2 b^2 / D T_{11}^2,$

Once the system of differential equations (3a,b) are solved. Then, we able to determine the inner forces [14].

**Approximation of time:** Before proceeding to approximating equations (3) and (5) with respect to the spatial coordinates, we perform a successive approximation of the desired function  $w(\zeta, \eta, \tau)$  with respect to time as  $\zeta = const, \eta = const$ . If the interval  $[\tau_{n-1}, \tau_n]$ , the first derivative of the desired function  $\partial w / \partial \tau$  is approximated by a polynomial of the first degree, then we obtain,

$$\varphi(\tau) = \varphi_{n-1} + (\tau - \tau_{n-1})(\varphi_n - \varphi_{n-1}) / \lambda_n, \quad \lambda_n = \tau_n - \tau_{n-1}. \quad (7)$$

Integrating from Equation (7) on the segment  $[\tau_{n-1}, \tau_n]$  we have [3]

$$w(\tau) = \int_{\tau_{n-1}}^{\tau} \varphi_{n-1} dt + \frac{1}{\lambda_n} \int_{\tau_{n-1}}^{\tau} (\tau - \tau_{n-1})(\varphi_n - \varphi_{n-1}) dt = \frac{(\tau - \tau_{n-1})\varphi_{n-1} + (\tau - \tau_{n-1})^2(\varphi_n - \varphi_{n-1})}{2\lambda_n} + C$$

Where  $C$  – is constant and  $\tau = \tau_{n-1}$  is equal to  $w_{n-1}$ . Consequently, the desired function  $w(\tau)$  the interval  $[\tau_{n-1}, \tau_n]$  is written in the form of,

$$w(\tau) = w_{n-1} + (\tau - \tau_{n-1})\varphi_{n-1} + (\tau - \tau_{n-1})^2(\varphi_n - \varphi_{n-1}) / 2\lambda_n,$$

Whence  $\tau = \tau_n$  and  $w(\tau) = w_n$ , we obtain a formula for determining the velocity corresponding to the instant of time  $\tau_n$

$$\varphi_n = 2(w_n - w_{n-1}) / \lambda_n - \varphi_{n-1}. \quad (8)$$

Carrying out a similar procedure, and approximating the second derivative of the desired function by a polynomial of the first degree, we obtain a formula for determining the acceleration.

$$f_n = \frac{4(w_n - w_{n-1})}{\lambda_n^2 - 4\varphi_{n-1} / \lambda_n - f_{n-1}}. \quad (9)$$

It should be noted that  $w_n$  each step of time  $\lambda_n$ , the velocity  $\varphi_n$ , and acceleration  $f_n$  are linear in nature.

**Equations of SAM:** In [5] the SAM equations were obtained, which are applicable to solving problems that reduce to the Poisson equation. The SAM equations approximating Equations (3) and (5) for the case of a square mesh with step can be written in the following form [6,7,8]:

$$\begin{aligned} & \begin{pmatrix} m_{i-1,j-1} + 4m_{i-1,j} + m_{i-1,j+1} + \\ 4m_{i,j-1} - 20m_{i,j} + 4m_{i,j+1} + \\ m_{i+1,j-1} + 4m_{i+1,j} + m_{i+1,j+1} \end{pmatrix}_n = \\ & = -\frac{h^2}{12} \begin{pmatrix} q_{i-1,j-1} + 4q_{i-1,j} + q_{i-1,j+1} + \\ 4q_{i,j-1} + 52q_{i,j} + 4q_{i,j+1} + \\ q_{i+1,j-1} + 4q_{i+1,j} + q_{i+1,j+1} \end{pmatrix}_n, \quad (10) \\ & \begin{pmatrix} w_{i-1,j-1} + 4w_{i-1,j} + w_{i-1,j+1} + \\ 4w_{i,j-1} - 20w_{i,j} + 4w_{i,j+1} + \\ w_{i+1,j-1} + 4w_{i+1,j} + w_{i+1,j+1} \end{pmatrix}_n = \\ & = -\frac{h^2}{12} \begin{pmatrix} m_{i-1,j-1} + 4m_{i-1,j} + m_{i-1,j+1} + \\ 4m_{i,j-1} + 52m_{i,j} + 4m_{i,j+1} + \\ m_{i+1,j-1} + 4m_{i+1,j} + m_{i+1,j+1} \end{pmatrix}_n \quad (11) \end{aligned}$$

In equation (10) written at the time  $\tau_n$ , on the right-hand side is introduced the expression Equation (2 and 6).

Where the  $\varphi_n$  and  $f_n$  are expressed by the formulas equations (9) and (8) respectively. Equations (10), (11) are solved at each step of time in conjunction with the boundary conditions, where on the edges level is  $m = 0$ , and  $w \neq 0$ . In the case of a free boundary conditions of plate resting on an elastic foundation and the edges level were free, It is necessary to write equations (10) and (11) for the free edges level and for inner nodes of meshes,  $S_1$  and  $S_2$ . So, we are obtain a system of algebra equations that are solved together by an iterative method. In

additional, in the right side of equation (10) which is written at the time  $\tau_n$ , is introduced the expression of equation (2).

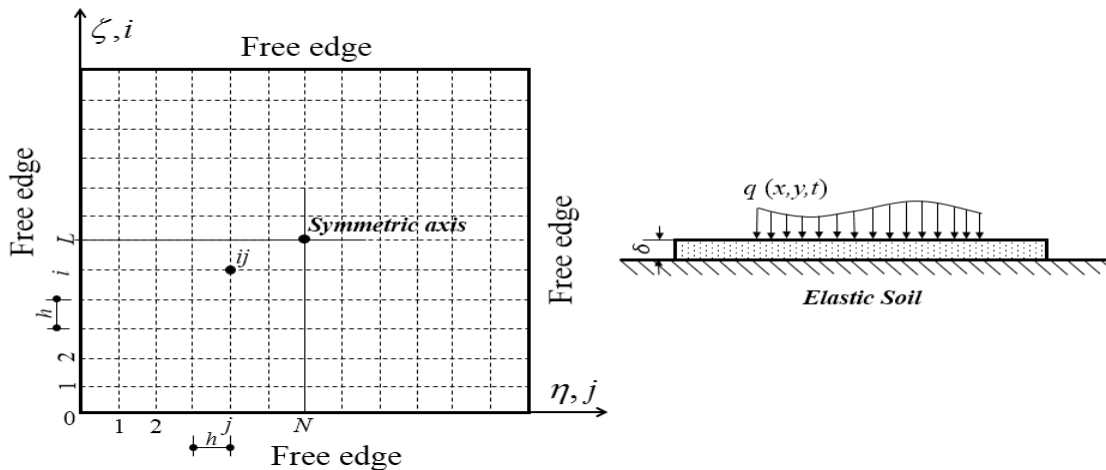


Fig. 1. Conditions of a free square slab resting on elastic foundation

To solve the dynamic problem of a slab resting on elastic foundation with freely boundary conditions, it is adequate to use the inner formulation of SAM equations, for the internal slab of foundation, in foundation case the coefficients of (c) are getting a few change, [15].

$$\psi = \bar{\mu}\alpha_1 + \bar{C}\beta_1\lambda_n + \bar{k}_s\lambda^2,$$

$$c_1 = 1/52, c_2 = 3\lambda_n^2/13h^4\psi, c_3 = 3/73, c_4 = 1/292, c_5 = 60/73,$$

$$c_6 = (\bar{\mu}\alpha_1 - \bar{C}\beta_1\lambda_n)/52\psi,$$

$$c_7 = (\bar{\mu}\alpha_2\lambda_n - \bar{C}\beta_2\lambda_n^2)/52h\psi$$

$$c_8 = \lambda_n^2(\bar{\mu}\alpha_3\lambda^2 + \bar{C}\beta_3\lambda_n^3)/52h^2\psi$$

$$c_9 = \lambda_n^2/52h^2\psi.$$

In addition, for the freely boundary condition,  $\eta = 0$  we have to determining equation for  $w$ , while  $M_x = 0$ . Therefore, in the cases of square mesh are represented, [14].

**Freely condition equations:**

The boundary conditions on a free edge parallel to the  $y$  axis at  $x = a$  are:

$$\left. \frac{\partial w}{\partial y} \right|_{x=0,a} = V_x|_{x=0,a} = 0 \tag{12}$$

$$M_x|_{x=a} = -D \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)_{x=a} = 0 \tag{13}$$

The boundary conditions on a free edge parallel to the  $x$  axis at  $y = b$  are:

$$\left. \frac{\partial w}{\partial y} \right|_{y=0,b} = V_y|_{y=0,b} = 0 \tag{14}$$

$$M_y|_{y=b} = -D \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)_{y=b} = 0 \tag{15}$$

Regarding to non-dimension parameters we have:

$$m_\eta = -(f_\eta + \nu f_\zeta) = 0$$

$$v_\eta = -\frac{\partial}{\partial \eta} [f_\eta + (2 - \nu)f_\zeta] = 0. \quad (16)$$

From this condition, it follows that  $f_\eta = -\nu f_\zeta$ , and taking into account  $f_\zeta + f_\eta = -m$ , so we get:

$$f_\zeta = -m/(1 - \nu). \quad (17)$$

In equation (17), where  $f_\zeta = \partial^2 w / \partial \zeta^2$ , are approximated by *Numerova method* [12], which leads to the following equations.

$$\begin{aligned} w_{i-1,j} - 2w_{ij} + w_{i+1,j} &= \\ &= -\frac{h^2(m_{i-1,j} + 10m_{ij} + m_{i+1,j})}{2(1 - \nu)}. \end{aligned} \quad (18)$$

The generalized transverse force on equation (20) can be represented as:

$$\begin{aligned} V_\eta &= -\frac{\partial}{\partial \eta} [f_\eta + (2 - \nu)f_\zeta] = \\ &= \frac{\partial}{\partial \eta} [m - (1 - \nu)f_\zeta] \end{aligned}, \quad (17,a)$$

In [7], for differential equations of **SAM** was Obtained, wich for the square mesh is represented as:

$$\begin{aligned} h(V_\eta)_{ij} &= (1 + \nu)(m_{i-1,j} + m_{i+1,j})/2 - (2 + \nu)m_{ij} + m_{i,j+1} + \\ &+ (1 - \nu)(w_{i-1,j} - w_{i-1,j+1})/h^2 - 2(1 - \nu)(w_{ij} - w_{i,j+1})/h^2 + \\ &+ (1 - \nu)(w_{i+1,j} - w_{i+1,j+1})/h^2 + h^2 p_{ij}/2 \end{aligned}. \quad (19)$$

Replacing the variable:  $p_{ij} = -\bar{\mu} f_n$ ,  $m = m/h^2$ ,  $w = w/h^4$ ,  $\varphi = \varphi/h^3$ ,  $f = f/h^2$ , from equations (15) and (16), respectively would obtained:

$$w_{i-1,j} - 2w_{ij} + w_{i+1,j} + (m_{i-1,j} + 10m_{ij} + m_{i+1,j})/12(1 - \nu) = 0, \quad (18,a)$$

$$\begin{aligned} (V_\eta)_{ij}/h &= (1 + \nu)(m_{i-1,j} + m_{i+1,j})/2 - (2 + \nu)m_{ij} + m_{i,j+1} + \\ &+ (1 - \nu)(w_{i-1,j} - w_{i-1,j+1}) - 2(1 - \nu)(w_{ij} - w_{i,j+1}) + \\ &+ (1 - \nu)(w_{i+1,j} - w_{i+1,j+1}) + p_{ij}/2 = 0, \end{aligned} \quad (19,a)$$

$$\begin{aligned} p_{ij} = -\bar{\mu} f_n &= -\bar{\mu} h^4 \alpha_1 (w_{ij})_n / \lambda_n^2 - \bar{\mu} h^4 \alpha_1 (w_{ij})_{n-1} / \lambda_n^2 + \\ &+ \bar{\mu} h^3 \alpha_2 (\varphi_{ij})_{n-1} / \lambda_n + \bar{\mu} h^2 \alpha_3 (f_{ij})_{n-1}. \end{aligned}$$

It is clear if in equations (27,a) and (28,a), free edge parallel to the  $\zeta$  axis at  $\eta = a$ , is change to  $\eta$  axis at  $\zeta = b$ , the free boundary coordinates will changing on the other free boundary coordinates side. From equation (18,a) and (19,a), bending moment  $m_{ij}$  and deflection  $w_{ij}$ , relevant in time  $\tau_n$  on the free edges of slab are defining, respectively. From the simultaneous solution of equations (18,a) and (19,a) for the inner area and boundary of slab, we are able to obtained the bending moment  $m_{ij}$ , and deflection  $w_{ij}$ , relevant in time  $\tau_n$  which are exist at boundary and inner area of the slab.

**Numerical Verification:** The solution of the problem according to the above procedure was approximated and show on figures.

Impedance functions represent the frequency-dependent stiffness and damping characteristics of soil and foundation interaction are important for accounting, that we were not focus on here, [16]. For simplifies of computing, here is used soil subgrade reaction  $k_s$ , and realize how it is effected in slab resting on elastic



foundation. Hence, we use assumed that  $\bar{k} = k_s D / a^2 = 1.0$ , [14]. Plate specification on elastic foundation,  $\nu = 0.3$ , on  $10 \times 10$  meshes at  $h = 1/10$ ,  $\lambda = 0.01$ . Also square slab is assumed symmetricly.

Figure 2, shows the comparison of center and edge deflection result including of damping effects from the action of uniformly distributed impulsive. Figure 3 for the similar characteristic of a slab, simply supported, simply supported on elastic soil, and freely boundary condition of square slab resting on elastic foundation as well as damping effect, from the action of harmonic loads  $p_0 = q_0 \sin(c_t 2\pi\tau)$ , respectively. Here  $c_t = T_{11} / T_{pp}$  is the natural and force period ratio of slab.

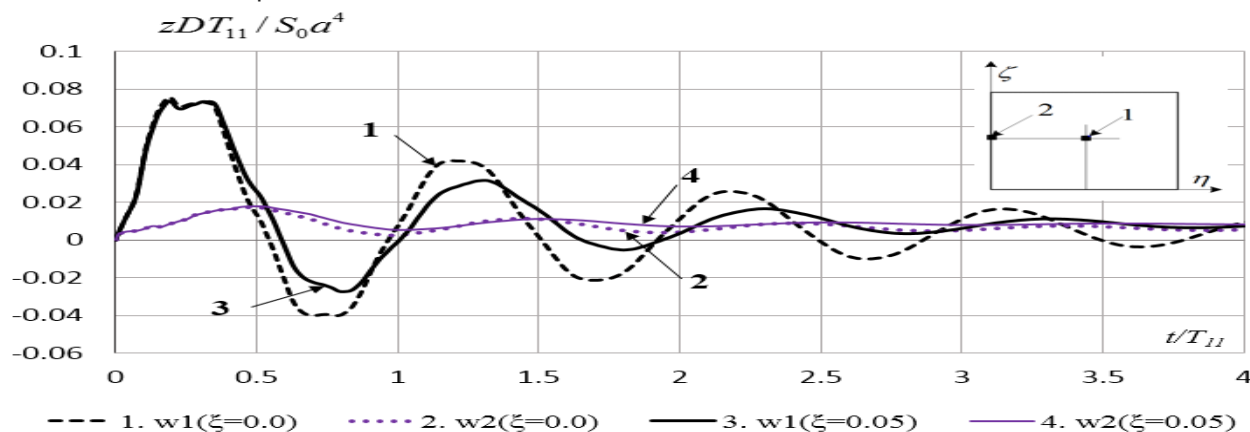


Figure 2. Dynamic deflection  $W$ , a square free edges slab resting on elastic foundation, from the action of uniformly distributed impulsive load.

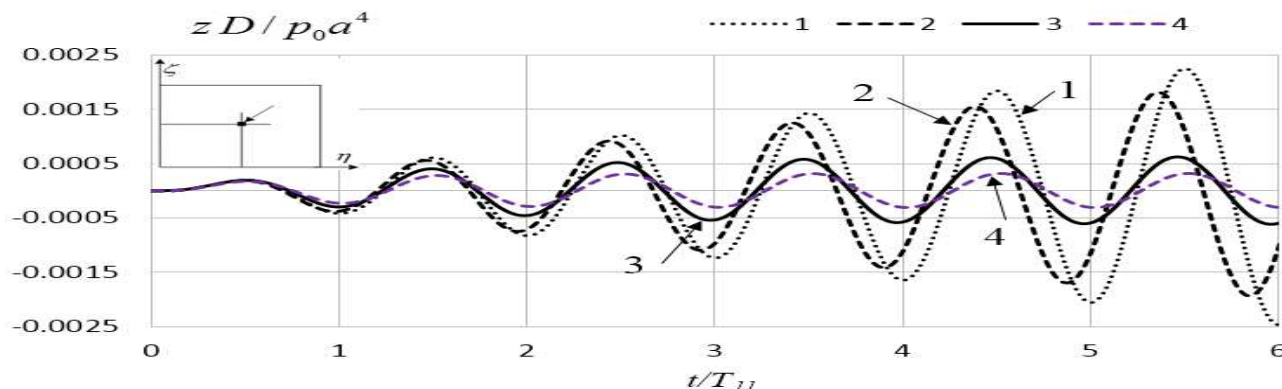


Figure 3. Comparison of dynamic deflection  $W$ , at the center of a square plate from the action of uniformly distributed harmonic load, 1-simply supported, 2- simply supported on soil, 3-freely boundary slab rested on elastic foundation, and 4- the same as No.3 with  $(\xi=0.05)$ . In Table 2 shows that the number of mesh  $h$ , and increment of time  $\lambda$  are very effective on the stability of the (SAM) method under dynamic load. Furthermore, it is clear that the vibration of foundation slabs depended to type of soils or directly soils subgrade reaction (for example, loose sand  $k_s = 4800 \text{ kN} / \text{m}^3$  up to Rock  $k_s > 2 \times 10^6 \text{ kN} / \text{m}^3$ ), [18].

Table 2: Data of table shows, that the number of mesh is very effective on the stability of the (SAM) method under dynamic load.

	Number of Mesh 8x8			Number of Mesh 10x10			Number of Mesh 14x14		
	increment of time $\lambda$								
	0.01	0.005	0.002	0.01	0.005	0.002	0.01	0.005	0.002
Max. deflection at center w	0.073	0.071	0.071	0.076	0.074	0.074	0.078	0.076	0.076
Max. moment at center M	0.374	0.388	0.421	0.391	0.447	0.494	0.404	0.505	0.535

**Conclusions:** The developed technique based on SAM method, makes it possible to calculate the slab for various boundary support conditions and various dynamic effects. The conclusions of this studies can be drawn that the numerical solution of vibration slab with freely boundary on four edges rested on soil subgrade reaction, by using SAM is reasonable and suitable method. Moreover, evaluated results of dynamic vibration of freely boundary

condition slabs resting on elastic foundation indicated that deflection and bending moment of slab, depend on type of soil. The dynamic amplitude  $R$ , and natural period  $T_n$  of slab will decrease, when the soil subgrade reaction  $k_s$  increased. Besides, because of free edges slab, the dynamic amplitudes  $R$ , after a few minutes are disappear, while the damping coefficient is zero. And the possibilities of resonance are greatly reduced by damped. The comparing of the obtained results with the other numerical of dynamic solutions shows that the SAM method are acceptable. The iterative method for solving systems of equations leads to a convenient algorithm for computer realization. Numerical experiments have shown that at  $\lambda \leq h^2$  and  $h \leq 1/8$  stability and convergence of the solution for dynamic slab problem resting on elastic foundation is well ensure.

### References

1. Timoshenko S.P, Voinovsky-Krieger S. Plates and shells. - Moscow: Nauka, 1966. - 635 p.
2. Donnell L.G. Beams, plates and shells. - Moscow: Nauka, 1982. - 568 p.
3. Nizomov D.N. Numerical solution of dynamic problems for the calculation of beams, plates and shallow shells. - Diss. cand. tech. Sciences. - M.: MISI, 1982. - 169 p.
4. Nizomov D.N. Method of boundary equations in solving static and dynamic problems of structural mechanics. - Moscow: Publishing House of the DIA, 2000. - 282 p.
5. Rabinovich IM, Sinitsyn AP, Luzhin OV, Terenin IM Calculation of structures for impulsive effects. - Moscow: Stroiizdat, 1970. - 304 p.
6. Gabbasov R.F. Calculation of plates using the differential equations of the method of successive approximations. - Construction mechanics and calculation of structures, 1980, №3, p. 27-30.
7. Gabbasov R.F, Nizomov D.N. Numerical solution of some dynamic problems of structural mechanics. - Construction mechanics and calculation of structures, 1985, №6, p. 51-54.
8. Gabbasov RF, Gabbasov AR, Filatov V.V. Numerical construction of discontinuous solutions to the problems of structural mechanics. - Moscow: Publishing House of the DIA, 2008. - 280 p.
9. Nizomov D.N. On the numerical solution of the dynamic problem of a plate. Reports of AN Taj. SSR. - 1985, v. 28, No. 8- p. 483-488.
10. Nizomov DN, Kalandarbekov I. Method of concentrated deformations. - Dushanbe: Publishing house "Donish", 2015. - 436 p.
11. Demidovich BP, Maron IA Fundamentals of computational mathematics. - Moscow: Nauka, 1970. - 664 p.
12. Sorokin E.S. Instructions for calculating overlaps for impulsive loads. Moscow: Stroiizdat, 1966. - 134 p.
13. Richard L. Burden, J. Douglas Faires, Numerical Analysis, Ninth ed., USA, Pp 450-456.
14. Timoshenko S., Theory of plates and shells, Mc GRAW-HILL BOOK COMPANY, 1989.
15. D. N. Nizomov, A. F. Hajez, Numerical solution of dynamic plate problems by Sequential Approximation Method - National conf. IGEEES. - M., 2019, 164 p.
16. D. N. Nisomov, A. F. Hajez, Numerical solution of dynamic plate problems of damping by Sequential Approximation Method.- International scientific-practical conference "Water is an important factor for sustainable development." - Dushanbe 2018 . p. 223-229.
17. Низомов Д.Н., Хаджиз А.Ф., Численное моделирование динамических задач плит методом последовательных аппроксимаций, Респуб. конфр. ИГССС, выпуск-2, Академия Наук Республики Таджикистан, Душаебе, 2019, Сер. 164-172.
18. NEHRP Consultants Joint Venture, Soil-Structure Interaction for Building Structures, U.S. Department of Commerce "National Institute of Standards and Technology Engineering Laboratory Gaithersburg, MD 20899", 2012.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Ҳочиз Аҳмад Фарҳод	Хаджиз Аҳмад Фарҳад	Hajez Ahmad Farhad
Докторант PhD	Докторант PhD	PhD student
ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S.Osimi
farhadhajez@gmail.com		

УДК 624.016

## ТАДҚИҚОТИ ТАҶРИБАВИИ МУСТАҲКАМӢ, МАЗБУТӢ ВА ТАРҚИШУСТУВОРИИ БОЛОРҶОИ ПЕШАКИ ФИШОРОВАРДАШУДА

А.Д. Рахмонзода, И.И. Рахмонзода.

Калимаҳои калидӣ: тадқиқоти таҷрибавӣ, болори пешаки фишоровардашуда, хашиш, бари паҳнои тарқишҳо, моменти қатқунанда. Дар мақола тадқиқоти таҷрибавӣ оид ба болори пешаки фишоровардашуда оҳанубетонӣ оварда шудааст. Нагиҷаҳои тадқиқоти таҷрибавии болорҳои пешаки фишоровардашуда, ки барои шароити иқлими гарм пешбинӣ шудаанд, оварда шудаанд. Вобастагии таҷрибавии тағирёбии моментҳо аз боргузорӣ пешниҳод гардидааст. Маълумот дар бораи пайдоиши тарқишҳо, бари муқаррарии қушодашавии тарқишҳо ва ҳамшавии болор оварда мешавад.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ, ЖЕСТКОСТИ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК

Ключевые слова: экспериментальные исследования, предварительно напряженные балки, прогиб, ширина раскрытия трещин, изгибающие моменты.

В статье рассматриваются железобетонные предварительно напряженные балки. В работе представлены результаты экспериментального исследования преднапряжённых балок, предназначенных для условий жаркого климата. Получены опытные зависимости изменения моментов от нагрузки. Получены данные о трещинообразовании, ширине раскрытия нормальных трещин и прогиба балок.

### EXPERIMENTAL STUDIES OF STRENGTH, RIGIDITY AND CRACK RESISTANCE OF PRE-STRESSED REINFORCED CONCRETE BEAMS

The article deals with reinforced concrete prestressed beams. The paper presents the results of an experimental study of prestressed beams designed for hot climate conditions. Experimental dependences of the change in moments on the load are obtained. Data on crack formation, normal crack opening width and beam deflection are obtained.

Key words: experimental studies, prestressed beams, deflection, crack opening width, bending moments.

Проблемы перегрузки автомобильных дорог в крупных городах Республики Таджикистан приобретают большие масштабы с каждым годом. В связи с этим, в Республики Таджикистан разрабатываются комплексные программы, включающие строительство большого количества мостов и транспортных тоннелей. Из-за экономических соображений большая часть железобетонных мостов будут иметь предварительно напряженные балки пролетных строений [1].

Одним из важнейших факторов, оказывающих большое влияние на работу предварительно напряженных железобетонных конструкций, являются длительные деформации, которые изменяют напряженное состояние элементов конструкций, изменяя при этом величины усилий предварительного напряжения арматуры и вызывая значительные общие деформации мостовых конструкций [2].

В работе приведены результаты экспериментального исследования предварительно напряженных железобетонных балок, предназначенных для условий жаркого климата Республики Таджикистан.

Исследование включало решение следующих задач: выявление характера распределения внутренних моментов на всех этапах загрузки до разрушения; получение общей картины образования трещин и ширины их раскрытия в пролетном сечении; установление зависимости прогибов элементов при возрастании нагрузки.

Для достижения цели были изготовлены и испытаны две серии Т – образных балок длиной 15,0 м и 33,0 м. Сведения о сечениях приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Характеристика опытных образцов

№п/п	Длина (мм)	Ширина (мм)	Высота (мм)	Выгиб (мм)
Серия 1	15000	1800	930	41
Серия 1	15000	1800	930	43
Серия 2	33000	1800	1530	41
Серия 2	33000	1800	1530	43
Серия 2	3000	1800	1530	41
Серия 2	3000	1800	1530	43

Для изготовления балок использовался тяжелый бетон класса В25. Условия твердения – естественная. В качестве рабочего армирования использовалось арматура класса А500, а в качестве предварительно напряженного армирования из высокопрочной арматуры класса К7-1400. [3].

Геометрические размеры и характер армирования балок приведены на рис. 1.

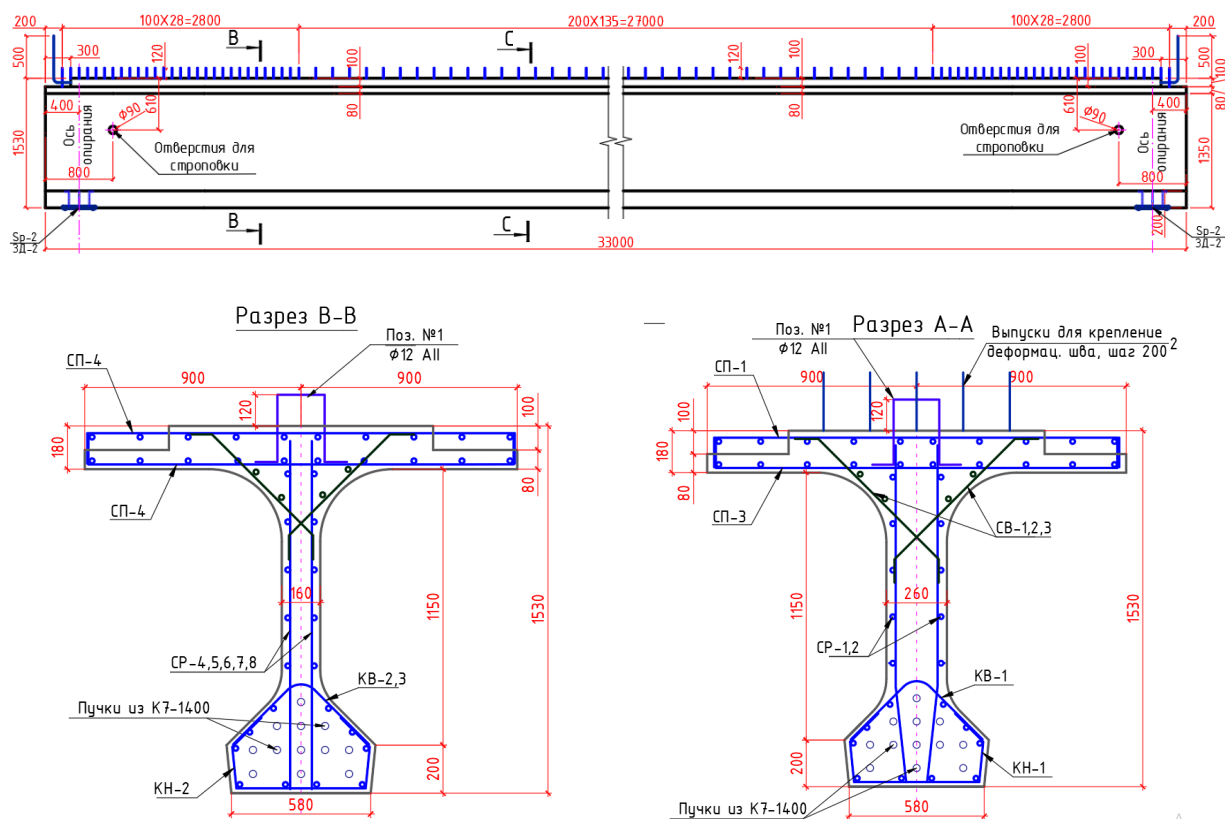


Рис.1. Геометрические размеры и характер армирования бетонных балок

Балки испытывались как однопролетные разрезные, загруженные двумя сосредоточенными силами, с расстоянием между ними - 6,9 м. Схема испытательной установки и размещение приборов приведены на рис.2.

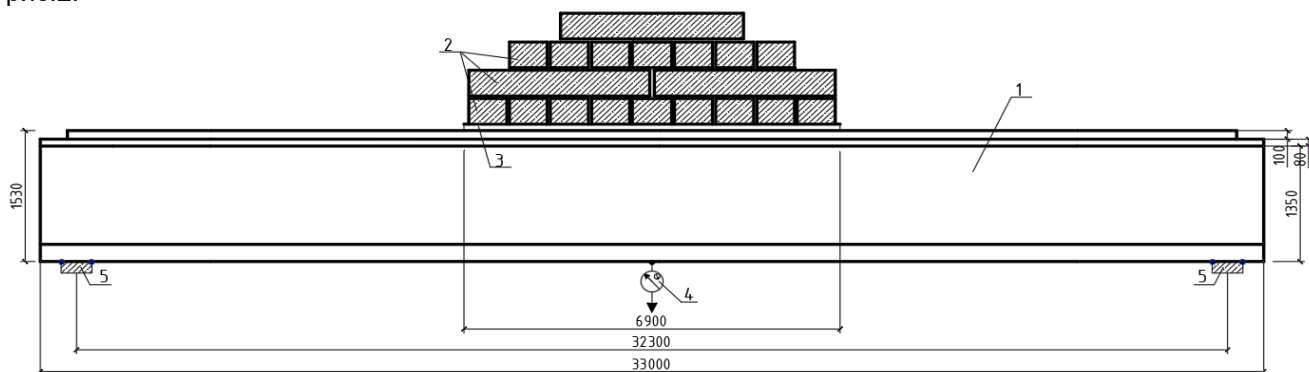


Рис. 2. Схема расположения приборов и испытательной установки: 1 – опытная балка; прогибы – индикаторами ИЧ-10, ИЧ-50 с ценой деления 0,01 мм; осадка опор – индикаторами часового типа ИЧ-10; - ширина раскрытия трещин на уровне центра тяжести растянутой арматуры - микроскопом Бриннеля МПБ-2 с 25-кратным увеличением.

В качестве нагрузки были использованы штучные грузы, железобетонные блоки размером 3,85×0,8×0,6 м с весом 4,4 т, а также металлическая платформа размером 7,1×2,0×0,3 м с весом 3,0 т. Нагрузка (после образования трещин) прикладывалась этапами величиной 1/10 от ожидаемой разрушающей нагрузки. Нагружение проводилось с интервалом 15-25 минут. Общая продолжительность испытаний составляла 4-5 часа. Особое внимание при испытании обращалось на контроль деформации в середине балки. Общий вид испытания балок показан на рис. 3.



Рис. 3. Опытный образец балки в процессе испытания

Основными результатами, полученными при испытании балок, являются: экспериментальные зависимости между нагрузкой и значениями изгибающих моментов пролетной сечений; моменты образования трещин и динамика их раскрытия в исследуемых зонах; прогибы балок в пролетных сечениях [4, 5].

На рис. 4 и 5 показана зависимость между нагрузкой и величиной прогиба по усредненным значениям серий испытываемых балок. Во всех исследуемых балках максимальные значения прогибов зафиксированы в середине пролета. При условной контрольной нагрузке 893,76 кН прогиб балок первой серии составляет 73,575 мм до 122, 65 мм.

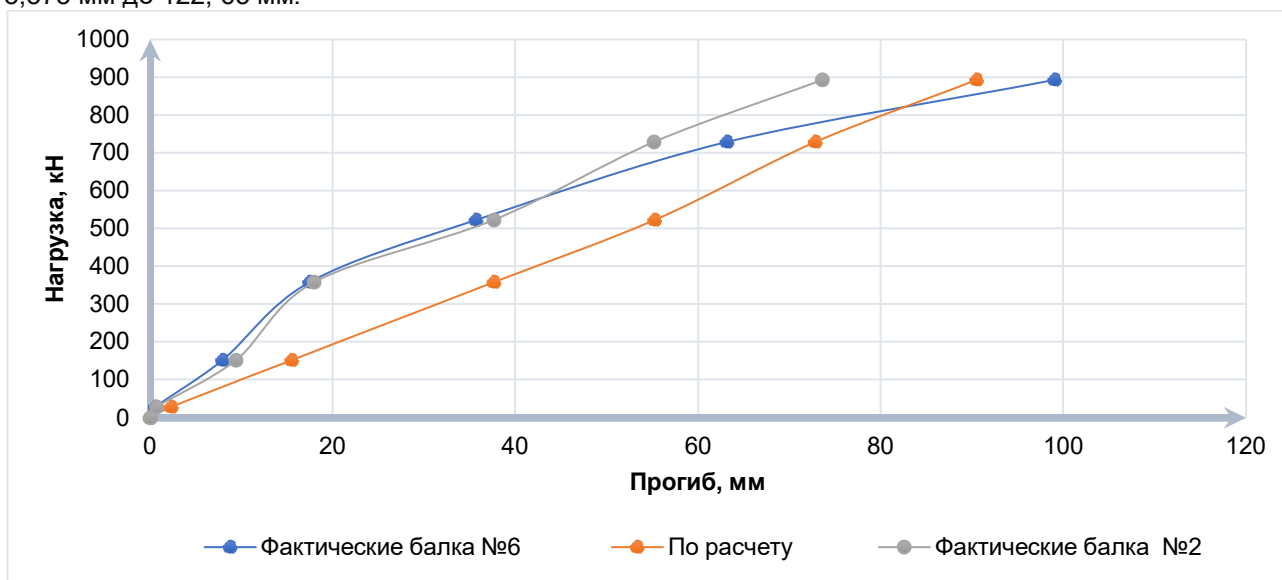


Рис. 4. Зависимость «нагрузка – прогиб» в балках пролетом 33, 0 м. (4 пролет)

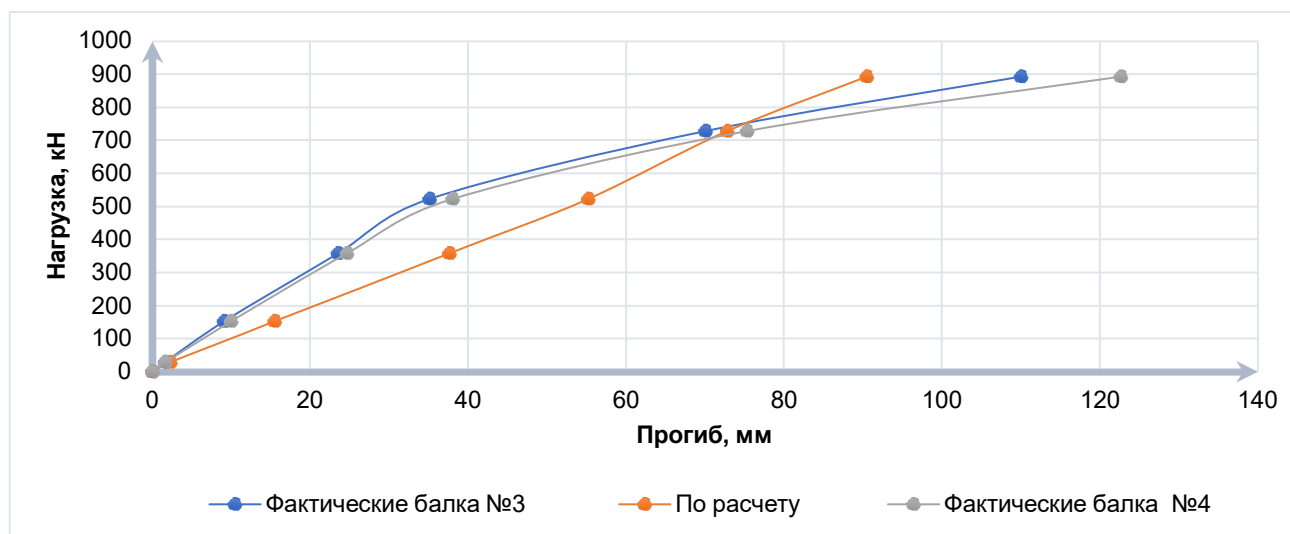


Рис 5. Зависимость «нагрузка – прогиб» в балках пролетом 33, 0 м. (2 пролет)

Основным критерием положительной работы изучаемой конструкции, по результатам испытаний, является соответствие упругих факторов. Наибольший остаточный прогиб после снятия испытательной нагрузки приведен для первой серии от 4,8 до 6,9 см.

Образование трещин и их развитие по высоте сечений и длине балок происходило в соответствии с характером изменения эпюры изгибающих моментов. Момент образования трещин соответствует нагрузке: в первой серии в пролете при нагрузке 523,32 кН.

Максимальное значение ширины раскрытия нормальных трещин в пролетном сечении исследуемых балок составило не более 0,2 мм.

В таблица 2. показаны величины соотношений изгибающих моментов от испытательных нагрузок и предельного момента от расчетных моментов в процентах.

Таблица 2.

Наименование показателей	Соотношение моментов					
	Стадии загрузки					
№ стадии загрузки	1	2	3	4	5	6
$M_{исп.} / M_{пред.}, \%$	27,27	36,54	52,00	64,37	79,83	94,56
$M_{исп.} / M_{расч.}, \%$	102,23	101,45	100,79	100,49	104,33	106,27

### Выводы:

Экспериментальным путем установлен характер распределения внутренних моментов в процессе загрузки, характер трещинообразования и деформирования.

Расхождения значений несущей способности железобетонных предварительно напряженных балок с пролетом 18 м на 2-3%, а в балках с пролетом 33 м до 5%.

Экспериментальные значения прогибов балок первой серии были на 3-7% меньше значений теоретического подсчета прогибов, а в балках второй серии эти значения составили более 3 %.

Во всех сериях железобетонных предварительно напряженных балках значения ширины раскрытия трещин были ниже соответствующих теоретических расчетов. Первые микротрещины появились при нагрузке  $0,8\bar{F}$ .

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пособие по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелого бетона (СП 52-102-2004). М.: - 2004. 185 стр.
2. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASH-TO). LRFD Bridge Design Specifications, 3rd Edition. Washington, DC, 2004.
3. ГОСТ 8829-94. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости [ТЕКСТ] // - М: 1994. – 102 с.
4. Ефимов П.П. Экспериментальные методы исследования мостов: Учеб. пособие. ОмГТУ, - Омск, 1994. 195 с.
5. Сехниашвили Э.А. Интегральная оценка качества и надежности предварительно напряженных конструкций. М.: Наука, 1988. 220 с.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)

Tj	RU	EN
Раҳмонзода Аҳмадҷон Ҷамолидин	Раҳмонзода Аҳмадҷон Ҷамолидин	Rahmonzoda Ahmadjon Jamolidin
Номзади илмӣнои техникӣ, дотсент	Кандидат технических наук, доцент	Candidate of technical sciences, assistant professor
Донишгоҳи техникӣи Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik technical university named after academician M.S. Osimi
	ahmadjon2903@mail.ru	
	0000-0002-3054-5429	
Tj	RU	EN
Раҳмонзода Иноятулло	Раҳмонзода Иноятулло	Rahmonzoda Inoyat
унвонҷӯ	соискатель	applicant
Донишгоҳи техникӣи Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik technical university named after academician M.S. Osimi

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ И КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ РАСЧЕТА БАЛКИ – СТЕНКИ

Саидов Р. Р.

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

Развитие и совершенствование методов расчёта является одной из важнейших задач строительной механики. В настоящее время разработано большое число приближенных методов расчета: метод конечных элементов, метод конечных разностей, вариационно-разностный метод и другие. Главным требованием к методам расчета является уменьшение трудоемкости расчетов при сохранении достаточной точности полученного решения. В статье изложены результаты численного моделирования задачи балки-стенки методом сосредоточенных деформаций (МСД). Полученные результаты расчета по МСД сопоставлены с данными, полученными по методу конечных элементов (МКЭ).

Ключевые слова: балка-стенка, метод сосредоточенных деформаций, метод конечных элементов, нормальные напряжения.

### МУҚОИСАКУНИ ТАҲЛИЛИ МЕТОДҲОИ МУТАМАРКАЗКУНОНИИ ДЕФОРМАТСИЯҲО ВА ЭЛЕМЕНТИ ОХИРНОК ДАР ҲИСОБИ МИСОЛИ БОЛОРИ-ДЕВОР

Тарақиёт ва пешрафти усулҳои ҳисоб яке аз муҳимтарин вазифаҳои механикаи сохтмонӣ мебошад. Дар замони имрӯза коркарди рақамҳои зиёд ва усулҳои ҳисоби наздик: усули унсурҳои охиринок, усулҳои гуногуни охиринок, усулҳои вариантҳои гуногун ва дигарҳо. Талаботҳои асосӣ барои ҳисобҳо аз ҷумла кам кардани меҳнатгалабии ҳисоб ҳангоми бадастовардани натиҷаҳои аниқи кифояткунандаи ҳалли бадастовардашуда. Дар мақолаи мазкур натиҷаҳои рақамии моделиронии вазифаи болори-деворит бо методи мутамарказкунонии деформатсияҳо (ММД) пешниҳод карда шудааст. Натиҷаҳои бадастовардашудаи ҳисоб бо (ММД) ва мувофиқа бо натиҷаҳои ба дастовардашуда бо методӣ унсурҳои охиринок (МЭО) мебошанд.

Калимаҳои асосӣ: болори-девор, методи деформатсияҳои мутамарказкунондашуда, методӣ унсурҳои охиринок, шиддати нормали.

### THE COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF THE CONCENTRATED DEFORMATIONS AND FINAL ELEMENTS ON THE EXAMPLE OF CALCULATION OF THE BEAM - WALLS

Development and perfection of methods of calculation is one of the major problems of building mechanics. Now the great number of the approached methods of calculation is developed: a method of final elements, a method of final differences, variatsionno-raznostnyj a method and others. The main requirement to calculation methods is reduction of labour input of calculations at preservation of sufficient accuracy of the received decision. In article results of numerical modelling of a problem of a beam-wall by a method of the concentrated deformations (MCD) are stated. The received results of calculation on MCD are compared with the data received on a method of final elements (MFE)

Keywords: a beam-wall, a method of the concentrated deformations, a method of final elements, pressure

Введение. Современный этап развития строительной механики связан с широким применением численных методов и использованием высокоскоростных вычислительных машин (компьютеров), позволяющих проводить расчеты строительных конструкций по весьма сложным расчетным схемам. В связи с этим является актуальным вопрос о разработке численных методов, обладающих достаточной точностью и удобных для использования современных компьютеров. Ученые и инженеры, специалисты в области технических наук широко используют в последнее время численные методы исследований [1]. Эти методы основаны на приближенном решении уравнений, описывающих физическую задачу. [2]. Метод конечных элементов в поле перемещения чаще в рассматриваемой конструкции получается непрерывным. В МСД поле перемещений в пределах каждого элемента допускает скачки по линиям локальных координат. Это поле перемещений, как правило, имеет разрывы по смежным граням между соседними элементами. Расчетная модель МСД имеет некоторые преимущества по сравнению с моделью МКЭ. Так, при дискретизации конструкции не требуется введение дополнительных конечных элементов для учета податливости швов, т.к. в общем случае разбивка на элементы предполагает наличие между ними реального шва, а расчет сплошных конструкций является частным случаем.

Обычно оценки точности численных методов строятся на сопоставлениях результатов с полученными аналитическими и другими альтернативными методами строительной механике. В данном случае точность метода сосредоточенных деформаций можно оценить на балках-стенках. Балка-стенка является одной из наиболее распространенных строительных конструкций и имеет высокую несущую способность. Балка-стенка является одним из несущих элементов жилых и общественных зданий. Балка-стенка является весьма эффективной несущей конструкцией, поэтому её статический и динамический расчеты имеют большое практическое значение.

Алгоритм расчета. Решение задачи методом сосредоточенных деформаций сводится к системе алгебраических уравнений [2,3,5].

$$\mathbf{R} \cdot \mathbf{U} = \mathbf{F}, \quad (1)$$

где  $\mathbf{R} = \mathbf{A}\mathbf{C}\mathbf{A}^T$  - матрица внешней жесткости,  $\mathbf{A}$  - матрица коэффициентов размера при разбивке пластинки на  $m \times n$  элементов,  $\mathbf{A}^T$  - транспонированная матрица  $\mathbf{A}$ ,  $\mathbf{C}$  - матрица внутренней жесткости,  $\mathbf{U}$  - вектор искомых перемещений,  $\mathbf{F}$  - вектор внешних сил. Следует отметить, что метод сосредоточенных деформаций позволяет при формировании матрицы внутренней жесткости  $\mathbf{C}$  учитывать деформации реальных швов. Решение задач многосвязных систем методом сосредоточенных деформаций строится

на основе процедуры расчета односвязной области, в которой учитываются граничные условия во внутреннем контуре. Граничные условия на внутреннем контуре пластинки могут быть учтены введением упругоподатливых элементов по направлениям степеней свободы. При этом на внутреннем контуре записываются дополнительные условия, соответствующие свободному краю, где коэффициенты жесткости упругих опор стремятся к нулю. После решения уравнения (1) определяется вектор перемещений, а затем вычисляются векторы деформаций и внутренних усилий:

$$\lambda = -A^T U, \quad S = R \cdot \lambda. \quad (2)$$

Алгоритм расчета по методам сосредоточенных деформаций сводится к следующему. Составляется система уравнений равновесия конечных элементов методом сосредоточенных деформаций и формируется матрица  $A$ , а затем транспонированием получаем матрицу  $A^T$ . При этом предполагается, что каждый элемент диафрагмы имеет три степени свободы. Предположив, что каждый элемент соединен с окружающими его элементами с помощью комплексных швов, на которых сосредотачиваются деформации элемента и шва, формируется матрица внутренней жесткости  $C$ . Далее формируется матрица внешней жесткости  $R = ACA^T$ . Исходя из заданной нагрузки и собственного веса конструкции формируется вектор свободных членов  $F$ . Из решения системы уравнений (1) итерационным методом Зейделя определяется вектор искомых перемещений  $U$ . По формулам (2) вычисляются векторы деформаций  $\lambda$  и внутренних усилий  $S$ . Элементами вектора внутренних усилий являются нормальная сила, изгибающий момент и поперечная сила на гранях конечных элементов.

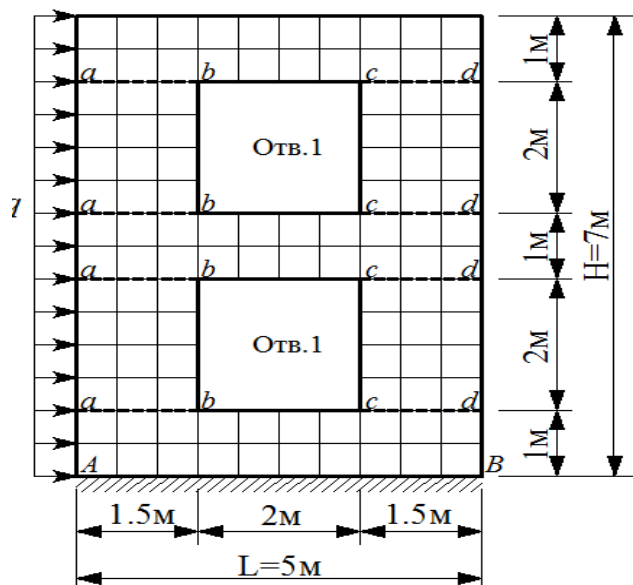


Рис. 1. Балка-стенка с двумя отверстиям

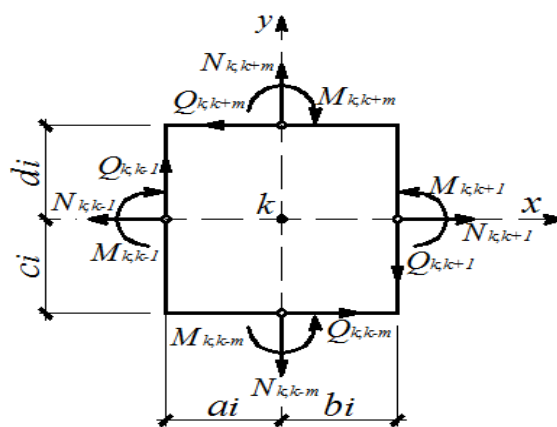


Рис.2. Конечные элементы МСД

**Результаты и обсуждение.** В качестве примера рассмотрим результаты расчета прямоугольной балки-стенки с двумя квадратными отверстиями под действием горизонтальной нагрузки, равномерно распределенной по вертикальной грани (рис.1). Конечный элемент *метода сосредоточенных деформаций* показан на рис. 2. Результаты решения этой задачи получены для модели с отверстием и без отверстия. Получены результаты напряженно-деформированного состояния расчетной модели при следующих данных:

$$q=1 \text{ тс/м}; L=5 \text{ м}; H=7 \text{ м}; \delta=0,2 \text{ м};$$

$$E=2 \cdot 10^6 \text{ МПа}; \mu=0,3; a=1,5 \text{ м}; b=2 \text{ м},$$

где  $\mu$  – коэффициент Пуассона,  $\delta$  – толщина балки-стенки. С целью сопоставления результатов данная задача была также решена *методом конечных элементов* с использованием ПК ЛИРА САПР 2013.

В табл.1 приведены значения нормальных и касательных напряжений в зонах опорной части *балки-стенки* с жестко-защелённым основанием. Результаты, полученные *методом сосредоточенных деформаций* на сетке 10x14, сравниваются с данными *метода конечных элементов*. Из табл. 1 видно,



что нормальные напряжения по МСД в точках А и В в модели без отверстия отличаются от результатов по МКЭ соответственно на 4.5%, и 6%, а в модели с отверстиями эта разница составляет в точке 6.5% и 8.3%. Сравнение полученных результатов на сетке 10x14 показывает, что нормальное напряжение на контактной границе увеличивается примерно в 1,5 раза в модели без отверстия. Из таблицы видно, что наибольшее различие наблюдается по касательным напряжениям, где разница составляет от 10,0 до 16,0%. Из анализа полученных результатов численного решения по МСД видна их сходимость.

Таблица 1– Сравнение результатов

Метод	Без отверстия				С отверстием			
	$\sigma_{yA}$	$\sigma_{yB}$	$\tau_{xyA}$	$\tau_{xyB}$	$\sigma_{yA}$	$\sigma_{yB}$	$\tau_{xyA}$	$\tau_{xyB}$
МСД	6,32	-5,92	-1,532	-0,98	10,18	-9,01	-1,314	-0,558
МКЭ	6,03	-5,54	-1,68	-1,09	9,51	-8,26	-1,460	-0,662

В табл. 2 сравниваются результаты, полученные в контрольных точках модели (рис-1). Видно, что наибольшее отличие в результатах наблюдается в узлах вблизи угловых зон отверстий, где повышается уровень концентрации напряжений. Анализы величины нормальных и касательных напряжений по результатам методов конечных элементов МКЭ и метода сосредоточенных деформаций МСД близки.

Таблица 2 – Нормальные напряжения вблизи отверстий

Отметка по высоте (м)	Метод	Нормальные напряжения			
		$\sigma_{y,(a)}$	$\sigma_{y,(b)}$	$\sigma_{y,(c)}$	$\sigma_{y,(d)}$
2.0	МСД	8,54	-5,39	5,09	-8,35
	МКЭ	6,43	-3,12	3,09	-6,46
3.0	МСД	1,105	3,83	-3,43	-1,09
	МКЭ	0,902	4,00	-3,92	-1,01
4.0	МСД	0,902	-0,356	0,359	-0,906
	МКЭ	0,765	-0,147	-0,385	-0,105
6.0	МСД	-1,495	3,31	-2,91	1,042
	МКЭ	-0,966	1,310	-1,09	0,705

### Вывод

Алгоритм расчета по МСД является достаточно универсальным и хорошо приспособленным для программирования [2]. Разработанные алгоритм и компьютерная программа позволяют исследовать напряженно-деформированное состояние диафрагм жесткости многоэтажных зданий. Предлагаемая методика расчета диафрагм жесткости может быть использована при вариантном проектировании зданий и сооружений.

### Литература

1. Додонов М. И. Развитие и применение метода сосредоточенных деформаций к расчету проемных диафрагм многоэтажных зданий. Строительная механика и расчет сооружений. №6, 1984 ст. 69.
2. Низомов Д.Н, Каландарбеков И. Метод сосредоточенных деформаций Душанбе, "Дониш ", 2015, стр. 436.
3. Саидов Р.Р., Низомов Д.Н., Каландарбеков И. Численное решение статической задачи балки-стенки методом сосредоточенных деформаций. Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. №2 (46) - 2019 с. 174-177.
4. Саидов Р.Р. Расчет ослабленных проемами диафрагм жесткости методом сосредоточенных деформаций. Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. №4 (52) - 2020г ст. 141-144.
5. Низомов Д.Н., Саидов Р.Р. Расчет, ослабленного проемами диафрагм жесткости методом сосредоточенных деформаций Известия АНРТ ISSN 0002-3485. №4 (179) - 2020г ст. 141-144.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Саидов Римохидин Раҷабович	Саидов Римохидин Раджабович	Saidov Rimohiddin Radzhabovich
Номзади илмҳои техники	Кандидат технических наук, старший преподаватель	Candidate of technical, seniors the teacher
Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ, кафедраи «Соҳтмони саноатӣ ва шаҳрвандӣ»	Таджикский технический университет им. академика М.С.Осими, кафедра «Промышленное и гражданское строительство»	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi, Department of Industrial and Civil Engineering
<a href="mailto:rimokhiddin@mail.ru">rimokhiddin@mail.ru</a>		
ORCID Id 0000-0001-7462-245X		

УДК 52.1

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОТОЧНЫХ МЕТОДОВ АСТРОМЕТРИИ И КОСМИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

А.С. Рахманов

Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК)

**Аннотация.** Данная статья представляет собой сравнительный обзор методов астрометрии и космической геодезии для изучения землетрясений. Статья подготовлена и написана с целью исследования возможностей высокоточных методов астрометрии и космической геодезии для изучения землетрясений. К этим методам относят методы РСДБ и лазерной локации ИСЗ, и повторные GPS-наблюдения. Вышеупомянутые методы были исследованы путем изучения и анализа научных публикаций, близких по тематике. В результате изучения нескольких научных публикаций были получены описания ранее упомянутых методов и особенности организации выполнения измерений этими методами, в частности для метода РСДБ.

Во второй части статьи приведен обзор программных обеспечений и пакетов для пост-обработки повторных GPS-наблюдений с применением метода точного позиционирования (метод PPP).

По итогам проделанной работы, можно сказать, что представленные высокоточные астрометрические методы и методы космической геодезии позволяют выполнять комплексные геодинамические исследования, определять разворот блоков земной коры по результатам вычисленных мгновенных угловых скоростей и определять векторы смещения (движения) земной коры при возникновении землетрясений или сейсмической активности. Не менее значимым является правильная организация выполнения работ данными методами.

**Ключевые слова:** методы астрометрии, методы космической геодезии, изучение землетрясений, деформации земной поверхности, метод лазерной локации, метод РСДБ, станции IGS, метод точного позиционирования.

## ИСТИФОДАБАРИИ МЕТОДҶОИ ДАҚИҚИ АСТРОМЕТРИЯ ВА ГЕОДЕЗИЯИ КАЙҶОНӢ БАРОИ ОМУҲТАНИ ЗАМИНЧУНБӢ

А.С. Раҳманов

**Аннотатсия.** Дар мақолаи зерин шарҳи муқоисавии методҳои астрометрия ва геодезияи кайҷонӣ барои омӯзиши заминчунбӣ дида баромада мешаванд. Ҳадафи асосии ин мақола тадқиқ намудани имкониятҳои методҳои дақиқи астрометрия ва геодезияи кайҷонӣ, барои омӯзиши заминчунбӣ мебошад. Ба ин методҳо методи РСДБ ва методи локатсияи лазерии радиҷонӣ маснуъи Замин, ва GPS-мушоҳидаҳои такрорӣ дохил мешаванд. Методҳои дар боло овардашуда, тавассути омӯзиш ва таҳлили мақолаҳои илмӣ наздик ба мавзӯи мақолаи мазкур, тадқиқ шуда буданд. Дар натиҷаи омӯзиши якҷанд мақолаҳои илмӣ, тавсифи методҳои мазкур ва хусусиятҳои ташкилӣ иҷрои ченкунӣ тавассути ин методҳо, хусусан методи РСДБ, ба даст оварда шуданд.

Дар қисми дууми мақолаи зерин шарҳи барномаҳои компютерӣ ва пакетҳои барномаҳои компютерӣ, барои коркарди интиҳои GPS-мушоҳидаҳои такрорӣ бо истифодаи методи мавқеҷуӣи дақиқ (методи PPP) оварда шудааст.

Дар анҷоми мақола гуфтан мумкин аст, ки методҳои дақиқи астрометрия ва геодезияи кайҷонӣ имконияти иҷро намудани тадқиқотҳои геодинамикии комплексӣ, муайян намудани гардиши (тобхурии) блокҳои кишри Замин аз натиҷаҳои суръатҳои кунҷии кӯтоҳмуддати ҳисоб карда шуда ва муайян намудани самти ҷойивазкунии кишри Заминро хангоми заминчунбӣ ё фаъолияти сейсмикӣ, медиҳанд. Инчунин, тарзи дуруст ташкил намудани иҷрои корҳои тадқиқотӣ бо методҳои мазкур низ хеле муҳим аст.

**Калимаҳои калидӣ:** методҳои астрометрия, методҳои геодезияи кайҷонӣ, омӯзиши заминчунбӣ, деформатсияи сатҳи Замин, методи локатсияи лазерӣ, методи РСДБ, пункти геодезии IGS, методи мавқеҷуӣи дақиқ.

## USING HIGH-PRECISION METHODS OF ASTROMETRY AND SPACE GEODESY TO STUDY EARTHQUAKES

A. Rakhmanov

**Abstract.** This article is a comparative review of the methods of astrometry and space geodesy for the study of earthquakes. The article was prepared and written with the aim of exploring the possibilities of high-precision methods of astrometry and space geodesy for studying earthquakes. These methods include methods of VLBI and laser location of the satellite, and repeated GPS observations. The above-mentioned methods were investigated by studying and analyzing scientific publications of a similar subject. As a result of studying several scientific publications, descriptions of the previously mentioned methods and features of the organization of measurements by these methods, in particular for the VLBI method, were obtained.

The second part of the article provides an overview of software and packages for post-processing repeated GPS observations using the method of precise positioning (PPP method).

Based on the results of the work done, it can be said that the presented high-precision astrometric methods and methods of space geodesy allow performing complex geodynamic studies, determining the rotation of blocks of the Earth's crust based on the results of calculated instantaneous angular velocities and determining the displacement vectors (movement) of the Earth's crust in the event of earthquakes or seismic activity. No less important is the correct organization of work by these methods.

**Key words:** astrometry methods, space geodesy methods, earthquakes study, earth's surface deformations, laser location method, VLBI method, IGS stations, precise point positioning method.

## ВВЕДЕНИЕ

Любая сейсмическая активность в зависимости от своей интенсивности имеет самые разные последствия, от слабых и незначительных последствий до сильнейших разрушений. В настоящее время методами астрометрии и космической геодезии подразумеваются методы РСДБ и лазерной локации ИСЗ, а также выполнение повторных GPS-наблюдений, позволяющих исследовать сейсмическую активность

или хотя бы выявлять деформации поверхности Земли, возникающие впоследствии землетрясений. В конце статьи даны краткие выводы, относительно специфики статьи.

Несомненный вклад в изучение данного вопроса представленными методами внесли российские и зарубежные ученые (см. библиографический список), вклад которых еще раз доказывает актуальность изучения землетрясений ранее упомянутыми методами.

Данная статья была написана с **целью** исследовать возможности высокоточных методов астрометрии и космической геодезии для изучения землетрясений.

При написании статьи были поставлены следующие **задачи**:

- Исследование высокоточных методов астрометрии и космической геодезии;
- Исследование научных публикаций, близких по данной тематике;
- Исследование обеспеченности станций, выполняющих наблюдения на интересующую нами область.

**Методы исследования:** метод сравнительного анализа научных публикаций по данной тематике.

## МАТЕРИАЛЫ и МЕТОДЫ

Как уже было упомянуто, исследование сейсмической активности и землетрясений в целом является в настоящее время актуальной задачей и требует дальнейшего изучения. Данная статья не представляет собою эмпирические эксперименты или теоретические исследования. В рамках представленной публикации были изучены и разобраны научные статьи, связанные по теме настоящей статьи.

**Метод лазерной локации ИСЗ.** Метод лазерной локации искусственных спутников Земли позволяет определить ряд геодинамических параметров [1, 2], т.е. координаты станций наблюдения, параметры вращения Земли (ПВЗ), движение геоцентра, коэффициенты гравитационного поля земли и их изменения во времени, с высокой точностью. В настоящее время выполняется лазерная локация множеств ИСЗ, как навигационных (спутники ГЛОНАСС, оснащенные уголковыми отражателями), так и пассивных (Lageos-I, Lageos-II и др.). В Российской Федерации лазерная локация ИСЗ проводится на обсерваториях сети «Квазар-КВО» с помощью квантово-оптических систем «Сажень-ТМ».

В период с 1976 по 1982 годов была выполнена лазерная локация ИСЗ Lageos-I и Lageos-II для определения геодезических и геодинамических значений, которые описывают Землю и ее движение. В рамках данного исследования многократно вычислялись расстояния между станциями лазерной локации по данным наблюдениям за весь этот период (7 лет). В результате этих работ были выявлены движения литосферных плит.

**Метод РСДБ для изучения сейсмоки/геодинамики.** РСДБ используется для приема излучений с квазаров, которые закрепляют международную небесную систему координат (ICRF). Также РСДБ позволяет измерить базовые линии длиной в тысячи км, которые определяются по временной задержке прихода сигналов квазара на радиотелескопы. Временная задержка зависит от изменения ориентации базовой линии по отношению к поступающему сигналу. Запаздывание сигнала используется для высокоточного определения параметров вращения Земли. На это влияют такие геодинамические процессы, как движение полюсов Земли и движение плит земной коры. Метод РСДБ позволяет выявлять движения континентальных плит, составляющие несколько сантиметров в год, которые выявляются с помощью мониторинга, т.е. систематических измерений длин базовых линий РСДБ-сети. Автор [3] указывает, что РСДБ может прогнозировать землетрясения. Сверхточные измерения, выполняемые РСДБ позволяют фиксировать небольшие колебания земной коры, которые являются предвестниками катаклизмов.

Рекомендуется организовать работы методом РСДБ следующим образом [3], т.е. необходимо правильно сформулировать задачу, грамотно спланировать РСДБ-наблюдения, провести их на сети радиотелескопов с однотипной приемно-регистрирующей аппаратурой, потом провести первичную обработку записанных на радиотелескопах данных на спецпроцессоре-корреляторе, затем провести вторичную обработку или пост-обработку коррелированных данных в зависимости от типа поставленной задачи, а в заключение нужно суметь провести интерпретацию результатов.

**Метод спутниковых GPS/GNSS наблюдений.** С помощью спутниковых наблюдений наземными станциями исследуются сейсмическая активность, смещения и скорости движения тектонических плит или блоков земной коры в каком-либо направлении в году. Многочисленные исследования [4, 5, 6] в этой области доказывают эффективность спутниковых наблюдений. Исследование сейсмической активности данным способом является довольно трудоемким, т.к. необходимо выполнить пост-обработку большого объема спутниковых наблюдений. Обработка спутниковых наблюдений выполняется в два этапа. Первичная обработка спутниковых наблюдений выполняется с помощью утилиты **TEQC**, которая предназначена для перевода наблюдений в формат RINEX, тайминга и проверки качества наблюдений.

**Таблица 1.** Программные обеспечения и программные пакеты для пост-обработки спутниковых наблюдений

№	Название программного обеспечения/пакета	Возможности получения ПО	Разработчики
1.	GAMIT/GLOBK/TRACK	Для научно-исследовательских целей	Массачусетский институт технологий (MIT)
2.	GIPSY-OASIS II (GOA II)		Лаборатория реактивного движения (JPL)
3.	RTKLIB	Открытый доступ	Томоджи Такацу
4.	GPSTk		Лаборатории прикладных исследований (ARL), Техасский университет в Остине
5.	gLAB		Европейское космическое агентство (ESA)
6.	Bernese	Коммерческая программа	Астрономический институт Бернского университета (AIUB)
7.	Trimble Business Center (TBC)		Trimble
8.	RTNet		GPS Solutions

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Пост-обработка или вторичная обработка этих наблюдений может выполняться в ряде программных обеспечений или программных пакетов: **GAMIT/GLOBK/TRACK, GIPSY-OASIS II (GOA II), RTKLIB, GPSTk, gLAB, Bernese, Trimble Business Center (TBC), RTNet**. Для выполнения пост-обработки в вышеупомянутых программных обеспечениях или программных пакетах, необходимы файлы, в которых содержатся GNSS-наблюдения станций, точные эфемериды и значения смещения фазового центра приемников станций. В нашем случае пост-обработка выполняется **методом точного позиционирования** (Precise Point Positioning – PPP) [7, 8]. В результате пост-обработки вычисляются координаты станции на определенную эпоху с некоторым временным интервалом, например с интервалом в 30 сек. Далее все это визуализируется средствами тех же программных пакетов, далее по визуализированным данным, т.е. графикам анализируется положение станции и даются соответствующие выводы.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненного анализа (изучения) научных публикаций, связанных по теме настоящей статьи, было выявлено, что высокоточные астрометрические методы и методы космической геодезии позволяют выполнять комплексные геодинимические исследования, определять разворот блоков земной коры из вычислений мгновенных угловых скоростей и определять векторы смещения (движения) земной коры в результате землетрясений или сейсмической активности.

Таким образом, при правильном использовании и организации работ методами космической геодезии и астрометрии возможно исследовать геодинимические явления, в частности движения литосферных плит при условии наличия спутниковых наблюдений на период 10-15 лет [9], если скорость движения плит не менее 1-2 см в год. В настоящее время, ввиду появления новых измерительных оборудований, например КОС, двухчастотные высокоточные спутниковые приемники, возможно выявлять движения литосферных плит со скоростью движения менее 1-2 см в год.

### Список литературы

- [1] Гамаль Ф.А., Исследование движения континентальных плит методами космической геодезии, // Геодезия и картография. 1992. С. 23.
- [2] Гундин А.В., Определение параметров дрейфа литосферных плит методом лазерной локации ИСЗ, // Геодезия и картография. 1999. С. 133.
- [3] Молотов И.Е. Радиointерферометрия со сверхбольшими базами (РСДБ) – история, состояние и аппаратура. // [В Интернете]. Доступно: <http://fvn.astronomer.ru/report/0000007/p000007.htm>. [Дата обращения: 1 апрель 2021].
- [4] Горшков В.Л., Мохнаткин А.В., Щербакова В.Н. База скоростей станций ГНСС Восточно-Европейской платформы для решения научных и прикладных задач. // Геодезия и картография. 2021. Т. 82, № 1, С. 34-44.
- [5] P. Xu, C. Shi, R. Fang, J. Liu. High-rate precise point positioning (PPP) to measure seismic wave motions: an experimental comparison of GPS PPP with inertial measurement units. // Journal of Geodesy. 2012. Vol. 87(4), P. 361–372.
- [6] Y. Xiang, J. Yue, K. Tang, Zh. Li, A comprehensive study of the 2016 MW 6.0 Italy earthquake based on high-rate (10 Hz) GPS data. Advances in Space Research. 2019. No. 63, P. 103-117.
- [7] Шевчук С.О., Мелеск А.Х., Косарев Н.С. Исследование точности метода PPP для навигационно-геодезического обеспечения геофизических работ. // Геопрофи. 2016. № 3. С. 10-15.

[8] Шевчук С.О., Косарев Н.С., Зюзин Ю.М., Мелеск А.Х. Контроль координат и высот пунктов гравиметрических наблюдений методом PPP. // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. Т. 1, № 1, С. 18-27.

[9] Микиша А.М. Космические методы в геодезии // Новое в жизни, науке, технике. Сер. Космонавтика, астрономия. 1983. № 9, С. 64.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)**

TJ	RU	EN
Раҳманов Аличон Саматович аспирант	Рахманов Алиджон Саматович аспирант	Rakhmanov Alidzhon Samatovich graduate student
Донишгоҳи давлатии геодезия ва картографияи Маскав	Московский государственный университет геодезии и картографии	Moscow State University of Geodesy and Cartography
<a href="mailto:alirakhmonov96@mail.ru">alirakhmonov96@mail.ru</a>		
0000-0001-7015-4142		

УДК 725.57

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЕ УЧРЕЖДЕНИЙ ДОШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ г.ГОМЕЛЯ И ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. Евстратенко, А.В. Щеглова

Белорусский государственный университет транспорта

Авторы рассматривают качество архитектурной среды объектов дошкольного образования в аспектах социального запроса и соответствия ему технического состояния зданий. Проведенное среди работников учреждений дошкольного образования анкетирование позволило выявить ряд наиболее актуальных проблем, касающихся архитектурной среды детских садов. Проанализирован физический и моральный износ построенных в 1970-1990 гг. и эксплуатируемых в настоящее время зданий детских садов с учетом срока эксплуатации зданий, качества строительных материалов и работ при их возведении, дефектов и повреждений строительных конструкций. Рассмотрены направления развития архитектуры объектов дошкольного образования.

**Ключевые слова:** учреждение дошкольного образования, ясли-сад, обследование, физический и моральный износ, планировочная структура.

### ПРОБЛЕМАХОИ ХОЗИРА ДАР МУХИТИ МЕЪМОРИИ МУАССИСАХОИ ТАЪЛИМИИ ТОМАКТАБИИ ВИЛОЯТИ ГОМЕЛ

Муаллифон сифати мухити меъмории объектҳои тарбияи томактабиро аз ҷиҳати талаботи иҷтимоӣ ва ҳолати техникаи онҳо ба назар мегиранд. Тадқиқоте, ки дар байни коркунони муассисаҳои таълимии томактабӣ гузаронида шуд, имкон дод, ки як қатор проблемаҳои мудиртарини му-хити меъмории боғчаҳо муайян карда шаванд. Дар мақола фарсудаҳои ҳисмонӣ ва маънавии биноҳои солҳои 1960—1980 таҳлил карда шудааст. Биноҳои яслию боғча, ки ҳоло ба истифода дода мешаванд, бо назардошти муҳлати истифодабарии биноҳо, сифати масолеҳи бинокорӣ ва қори хангоми сохтани онҳо, брак ва вайрон шудани конструкцияҳои бинокорӣ. Самтҳои инкишофи меъмории объектҳои тарбияи томактабӣ дида баромада шудаанд.

**Калидвожаҳо:** муассисаи таълимии томактабӣ, ясли-боғча, муоина, таназзули ҳисмонӣ ва маънавӣ, сохтори банақшагири.

### MODERN PROBLEMS IN THE ARCHITECTURAL ENVIRONMENT OF PRESCHOOL EDUCATION INSTITUTIONS IN GOMEL AND GOMEL REGION

The authors consider the quality of the architectural environment of objects of preschool education in terms of social demand and their technical condition. A survey conducted among employees of preschool education institutions made it possible to identify a number of the most pressing problems related to the architectural environment of kindergartens. The article analyzes the physical and moral deterioration of the buildings built in 1960-1980. and currently operated kindergarten buildings, taking into account the service life of buildings, the quality of building materials and work during their construction, defects and damage to building structures. The directions of development of architecture of objects of preschool education are considered.

**Keywords:** preschool education institution, nursery-kindergarten, examination, physical and moral deterioration, planning structure.

Актуальность выбранной тематики обусловлена наличием несоответствия между современными требованиями, предъявляемыми к учреждениям дошкольного образования, и состоянием объектов советской постройки. Современный детский сад должен быть удобным, безопасным и способствовать гармоничному развитию ребенка. В фонде учреждений дошкольного образования более 70 % зданий построены ещё по типовым проектам советского периода. На сегодняшний день большинству зданий детских садов уже более 50 лет, а это, в свою очередь, означает, что как техническое состояние несущих конструкций, так облик зданий не соответствует требованиям, предъявляемым к современным архитектурным объектам. Основные конструктивные элементы приходят в негодность, а фасады, изначально однообразные и лишённые архитектурных излишеств, с течением времени не становятся привлекательнее. Данные факты при появлении очевидно новых требований к архитектуре учреждений образования позволяют углубиться в изучение состояния и направлений развития данных объектов.

Цель исследования заключается в выявлении наиболее актуальных проблем в учреждениях дошкольного образования, построенных по типовым сериям советского периода, в аспектах архитектурно-планировочного и конструктивного решений, а также соответствия архитектуры данных объектов социальному запросу.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- Провести опрос и анкетирование работников учреждений дошкольного образования на факт выявления проблем в их учреждении образования и предложений по их разрешению;
- Осуществить обследование строительных конструкций в существующих зданиях детских садов г. Гомеля и Гомельской области и выявить основные дефекты и повреждения строительных конструкций, сделать выводы о техническом и моральном износе зданий данной типовой серии;
- Определить существующие проблемы в архитектуре зданий учреждений дошкольного образования и возможные направления развития данных объектов в Беларуси.

Объектом исследования являются здания объектов дошкольного образования типовых серий, реализуемых в советский период второй половины прошлого столетия. Предмет исследования – объемно-планировочное и конструктивное решение данных объектов, их моральный и физический износ на современном этапе.

Для решения поставленных задач в работе применялись такие методы исследования, как натурное обследование, аналогия, систематизация, анализ и графоаналитический метод.

Для выявления наиболее острых проблем дошкольных учреждений в ходе исследования был проведен опрос и анкетирование среди заведующих, воспитателей и вспомогательного персонала десяти разных учреждений дошкольного образования в городах Гомель и Речица Гомельской области. Согласно результатам более 50 % опрошенных воспитателей считают, что степень физического и морального износа здания учреждения дошкольного образования, в котором они работают, достигла возрастного периода для начала реконструкции, модернизации или капитального ремонта. 15 % недовольны качеством покрытия игровых площадок и подходных дорожек к ним: неровное ухабистое, в большинстве случаев асфальтобетонное, покрытие, особенно в летнее время, является причиной множества травм у активных воспитанников дошкольных учреждений.

По мнению опрошенных работников детских садов, современные здания учреждений дошкольного образования должны отвечать следующим требованиям:

- иметь уникальный эстетический облик;
- быть гибкими в объемно-планировочной структуре для восприятия переменных нагрузок воспитанников в условиях демографических колебаний, а также в зависимости от эпидемиологической обстановки в стране;
- иметь способность к мобильности и трансформации при функциональной необходимости;
- должна быть качественно организованной архитектурная среда, современным интерьер;
- необходимо развитое архитектурное пространство в экстерьере (наличие детских игровых комплексов и спортивных площадок, отвечающих современным требованиям; использование ландшафтной архитектуры для организации игрового пространства и др.).

Для решения второй задачи были выполнены научно-исследовательские командировки в учреждения дошкольного образования Гомельской области. Согласно базы данных типовых проектов серии «Детские ясли, сады и ясли-сады», на территории Республики Беларусь в настоящее время функционирует 81 здание, выполненное по типовому проекту 212-2-59 «Универсальные детские ясли-сад на 320 мест, разработанного в 1974 г. и обновленного в 1978 г. до версии 212-2-106. В том числе в Гомельской области расположено 6 учреждений дошкольного образования, архитектурно-планировочное решение которых выполнено по вышеуказанному проекту. Приведем в качестве примера ГУО «Ясли-сад № 5» в г. Житковичи и ГУО «Ясли-сад № 2» в г. Речица. (рис. 1 и рис. 2).

Обследованные здания яслей-детских садов относятся к индустриальному периоду строительства и имеют высокую степень физического и морального износа. Дадим характеристику этим объектам. Здания двухэтажные с подвалом, состоят из четырех двухэтажных блоков, соединенных между собой одноэтажной переходной галереей. Конструктивная схема – с продольными и поперечными несущими стенами. Наружные и внутренние стены подвальной части зданий выполнены из блоков типа ФБС с закладкой на отдельных участках из штучных стеновых материалов. Наружные стены наземной части зданий выполнены из камня керамического с облицовкой с наружной стороны из кирпича силикатного утолщенного. Цокольная часть наружных стен выполнена из фундаментных блоков типа ФБС, камня керамического. Горизонтальная гидроизоляция наружных стен – 2 слоя рубероида. Внутренние несущие стены – из кирпича силикатного утолщенного, кирпича керамического утолщенного, перегородки – из кирпича керамического полнотелого, кирпича силикатного утолщенного, гипсолитовых блоков. Оконные и дверные перемычки – сборные железобетонные. Перекрытия и покрытия – сборные железобетонные, выполнены из многопустотных плит типа ПК различных типоразмеров. Кровля – малоуклонная рулонная совмещенная. Полы подвальной части – уплотненный грунт. Полы наземной части зданий – с покрытием из плитки керамической, линолеума, выполнены по перекрытиям. Оконные блоки – деревянные, из профиля ПВХ. Дверные блоки – трех типов: деревянные, из профиля ПВХ, металлические.

Физический износ зданий проявляется в единичных критических, многочисленных значительных и малозначительных дефектах и повреждениях строительных конструкций, выявленных в процессе обследования вышеуказанных зданий учреждений дошкольного образования:

Несущие стены и перегородки: единичные сквозные трещины на стыках наружных и внутренних стен шириной раскрытия до 3,0 мм; единичные сквозные трещины в перегородках шириной раскрытия до 10 мм; размораживание кладки наружных стен из камня силикатного глубиной до 30 мм на отдельных участках.

Оконные перемычки: глубина опирания оконных перемычек в одноэтажной части здания – 60-90 мм, что составляет менее допустимых 120 мм; недоуплотнение бетона «раковины» на глубину до 5,0 мм на отдельных участках.

Плиты перекрытия и покрытия: отслаивание и обрушение бетона защитного слоя на отдельных участках, оголение и сплошная коррозия стальных стержней арматуры и арматурной сетки на отдельных

участках; единичные продольные трещины в зоне расположения пуансонных отверстий шириной раскрытия до 1,0 мм; сколы бетона на глубину до 20 мм на отдельных участках.

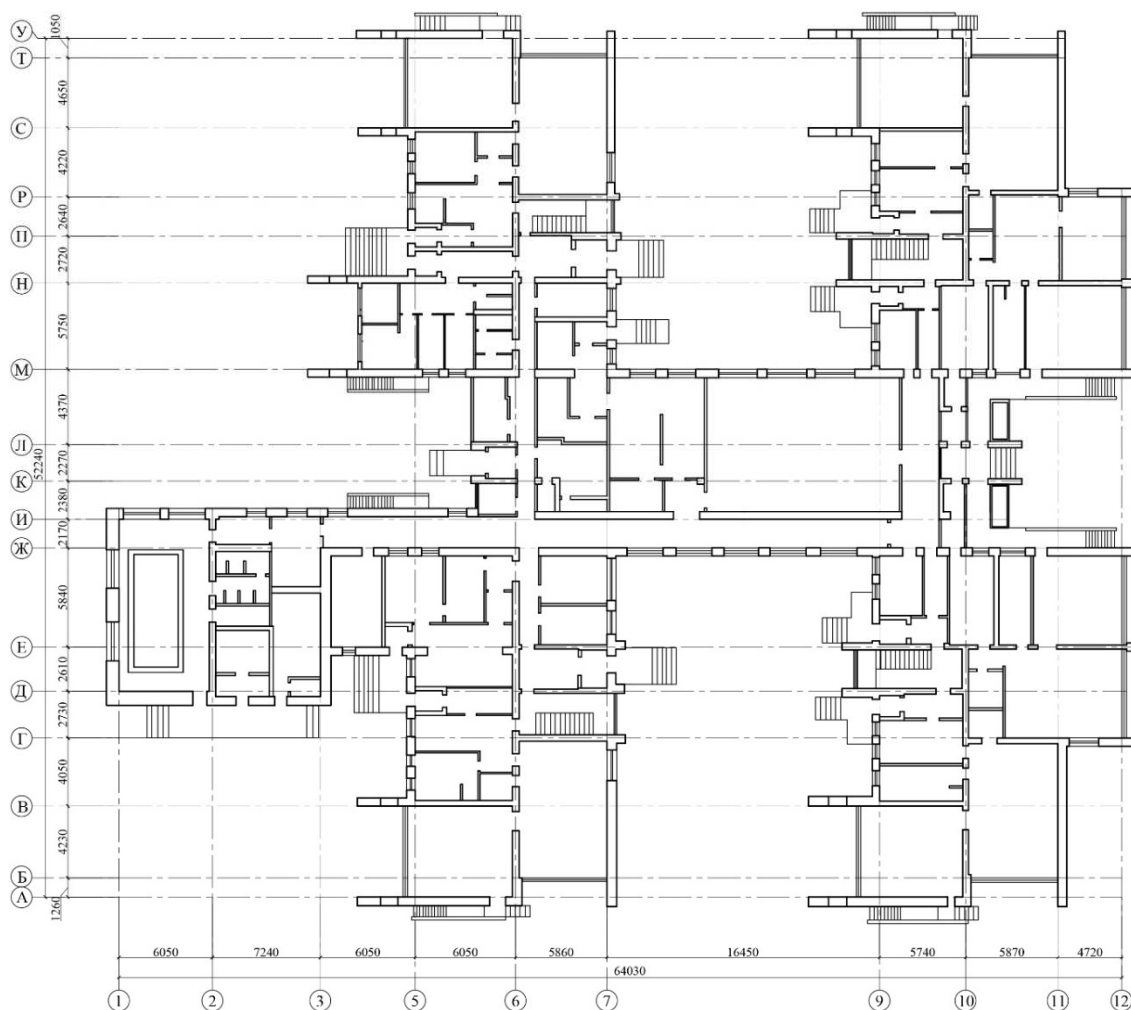


Рис. 1. Схема плана типового проекта 212-2-59, 212-2-106 «Универсальные детские ясли-сад на 320 мест»



Рис. 2. Фрагменты фасадов зданий учреждений дошкольного образования: а) ГУО «Ясли-сад № 5» г. Житковичи; б) ГУО «Ясли-сад № 2» г. Речица

Кровля: размораживание парапетных плит на глубину до 40 мм на многочисленных участках из-за отсутствия защитных фартуков на парапетах; сколы бетона величиной до 30 мм по парапетным плитам на многочисленных участках; вздутия гидроизоляционного ковра на многочисленных участках.

Наружные эвакуационные лестницы: размораживание и разрушение бетона ступеней величиной до 40 мм на многочисленных участках; размораживание и разрушение боковых стенок, выполненных из камня силикатного, величиной до 30 мм на многочисленных участках; обрушение и отслаивание штукатурного



слоя боковых стенок на многочисленных участках; оголение и сплошная коррозия высокой степени интенсивности арматурной сетки по нижней поверхности площадки на многочисленных участках; отслаивание бетона защитного слоя по нижней поверхности ступеней на многочисленных участках, на отдельных участках – разрушение защитного слоя бетона; сплошная поверхностная коррозия стальной арматуры ступеней и площадок высокой степени интенсивности на многочисленных участках, на отдельных участках – вплоть до разрушения стержней на всю толщину (разрыва); многочисленные сколы бетона по ступеням на глубину до 20 мм; вырывы бетона по ступеням на глубину до 20 мм на многочисленных участках.

Отмостка: трещины различного характера шириной раскрытия до 3,0 мм на многочисленных участках; просадка отмостки на величину до 40 мм на многочисленных участках; контруклон бетонной отмостки на величину до 30 мм на отдельных участках; прорастание растений между отмосткой и наружными стенами здания; биоповреждения (мох) на многочисленных участках. Характеристика дана в соответствии с положениями действующего в Беларуси регламентирующего документа 5.

По результатам обследования техническое состояние стен – не вполне удовлетворительное, что соответствует III категории технического состояния конструкций. Техническое состояние перегородок на участках выявления сквозных трещин – неудовлетворительное, что соответствует IV категории технического состояния конструкций, на остальных участках – не вполне удовлетворительное, что соответствует III категории технического состояния конструкций. Техническое состояние плит перекрытия и покрытия – не вполне удовлетворительное, что соответствует III категории технического состояния конструкций. Техническое состояние кровли – не вполне удовлетворительное, что соответствует III категории технического состояния конструкций. Техническое состояние наружных эвакуационных лестниц – предаварийное, что соответствует V категории технического состояния конструкций. Техническое состояние отмостки – неудовлетворительное, что соответствует IV категории технического состояния конструкций.

Выявленные в результате обследования дефекты и повреждения строительных конструкций с наружной стороны здания зафиксированы на рисунках фасадов. Пример фрагмента фасада здания ГУО «Ясли-сад № 5», г. Житковичи представлен на рисунке 3.

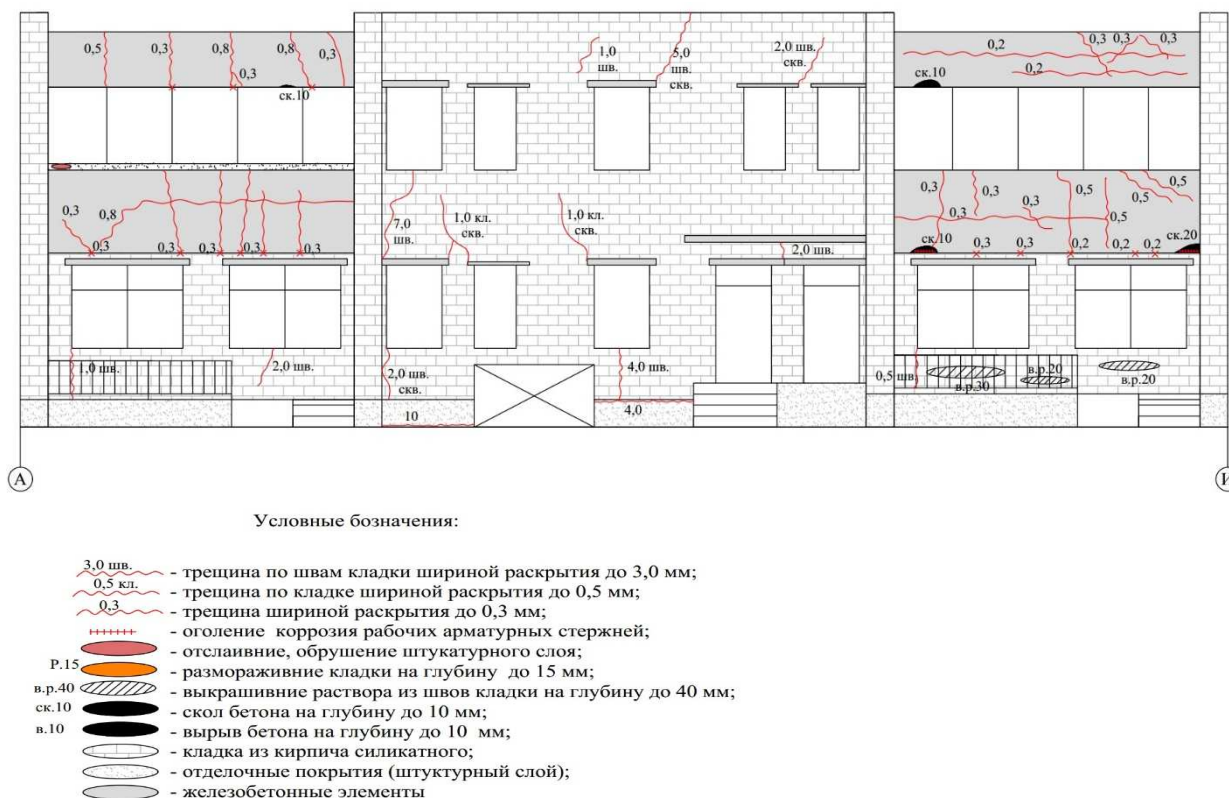


Рис. 3. Дефекты и повреждения стен с наружной стороны здания ГУО «Ясли-сад №5», г.Житковичи

<sup>5</sup> ТКП 45-1.04-37-2008 (02250). Обследование строительных конструкций зданий и сооружений. Порядок проведения. – Введ. 2008-12-29. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2009. – 39 с.

<sup>6</sup> СН 1.04-01-2020. Техническое состояние зданий и сооружений. Введ.2020-10-27. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2021. – 68 с.

Фото наиболее значительных дефектов отдельных строительных конструкций обследованных зданий яслей-садов представлены на рисунках 4 и 5.

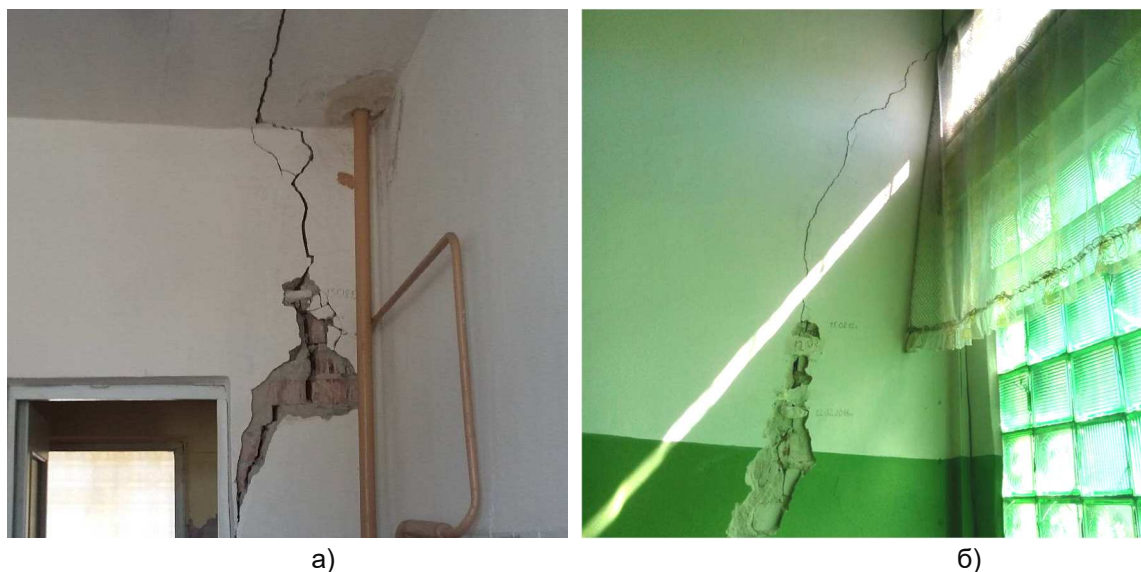


Рис. 4. Дефекты и повреждение стен и перегородок в ГУО «Ясли-сад №5», г.Житковичи: а) сквозная наклонная трещина по кладке перегородки от средней части дверного проема вверх шириной раскрытия до 10 мм, переходящая в трещину на стыке плиты покрытия и монолитного участка; б) вертикальная трещина по кладке внутренней несущей стены в верхней и средней частях шириной раскрытия до 3,0 мм длиной до 1,5 м

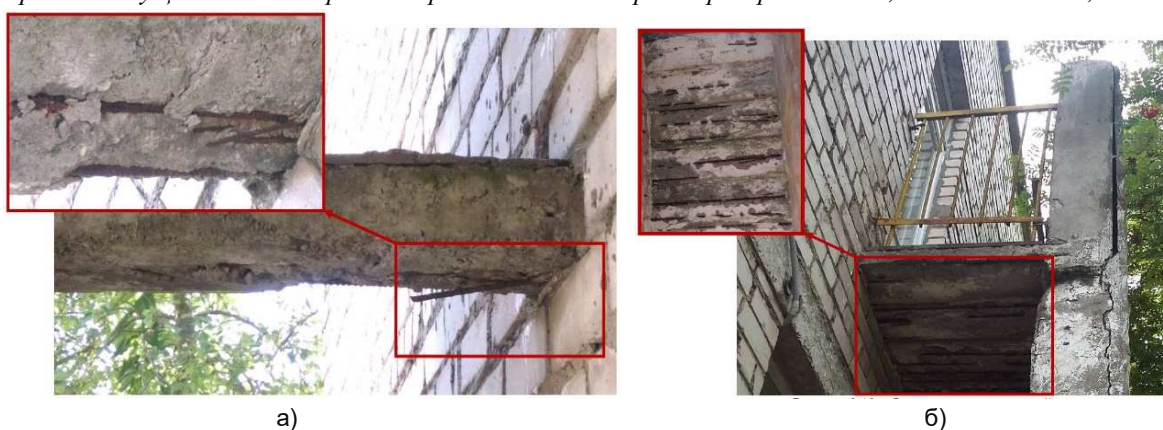


Рис. 5. Дефекты и повреждения эвакуационных лестниц в ГУО «Ясли-сад № 2», г.Речица: а) отслаивание бетона защитного слоя по всей площади ступени, сплошная коррозия высокой степени интенсивности стержней стальной арматуры, на отдельном участке – вплоть до разрыва; б) отслаивание отделочных покрытий боковой стенки (находятся на грани обрушения), отслаивание бетона защитного слоя по нижней поверхности площадки, сплошная коррозия высокой степени интенсивности стержней стальной арматуры

Также необходимо отметить, что одной из основных проблем действующих дошкольных учреждений образования является устаревшая сеть инженерных коммуникаций. В обследованных зданиях существует едва ли не ежегодная проблема с протечками коммуникаций (канализации, системы отопления и т.п.), в результате которой страдают основные несущие конструкции (фундаменты и несущие стены), а также покрытие полов, которое приходится демонтировать для устранения протечек.

Моральный износ существующих зданий учреждений дошкольного образования заключается в несоответствии современным требованиям нормативных документов по составу помещений, отсутствием организованной архитектурной среды и «безликости» фасадных решений.

В настоящее время в эксплуатируемых зданиях отсутствует ряд помещений, указанных в современных нормах при проектировании, которые необходимы для комфортного времяпровождения дошкольников и самих работников учреждений. Например, при обследовании вышеуказанных зданий яслей-садов при входах в групповые ячейки не предусмотрены крытые места для хранения колясок, санок, лыж,

отсутствуют неотапливаемые помещения для хранения игрушек и прогулочного инвентаря площадью из расчета 0,5 м<sup>2</sup> на одно место в ясельной группе и 0,4 м<sup>2</sup> на одно место в дошкольной группе<sup>7</sup>.

Также в результате исследования выявлено, что наиболее пострадавшими в плане морального износа являются пищевой и туалетный блоки. В первую очередь это связано с тем, что большинство зданий детских садов строились еще в советское время, соответственно специализированное оборудование пищевого блока и техническое оборудование санитарных узлов со временем устарело и пришло в негодность. На сегодняшний день модернизация специализированного оборудования требует значительных материальных затрат, как следствие, она не производится вовсе или не в полном объеме.

Вместе с тем строительство детских садов является социально значимым процессом. Наиболее остро в них нуждаются новые районы городов. Примерами учреждений дошкольного образования нового поколения можно назвать такие детские сады как «Желтый жираф» и «Космический детский сад», построенные в 2018 г. в жилом комплексе «Новая Боровая» г. Минск (рис. 6). Пожалуй, это единственный пример, когда сады такого уровня, созданные в рамках государственно-частного партнерства с компанией «А-100 Девелопмент», будут безвозмездно переданы на баланс государству.

По состоянию на 2022 год в Республике Беларусь уже есть несколько примеров современных зданий дошкольных учреждений образования с уникальными конструктивными и объемно-планировочными решениями. Однако преимущественно такие детские сады расположены в Минске и относятся к частным учреждениям образования. Яркими примерами в плане уникальности и эстетичности как внешнего облика здания детского сада, так и наполнения его новейшей обучающей материальной базой могут служить минские частные детские сады: «Ромашка», «Зеленый холм», «Делакура», «Magic Land club» и др. Однако содержание и обучение ребенка в таком учреждении может позволить себе далеко не каждый.

Для решения большинства актуальных проблем с организацией качественной архитектурной среды для дошкольников необходимо привлечение дополнительного финансирования с целью проведения реконструкции и модернизации детских садов, построенных еще в советский период. В финансовый аспект также, как и преимущественное число других проблем упирается и решение проблемы с отсутствием современной технической и ресурсной базы для работы с дошкольниками.



Рис. 6. Детский сад «Желтый жираф», г. Минск: а) облик объекта; б) интерьер здания

Целесообразным может стать привлечение к активному участию в жизнедеятельности дошкольных учреждений частных предпринимателей при формировании садов определенного типа и соответствующей структуры. Детский сад общего типа, где осуществляется общий присмотр за воспитанниками и предоставление услуг досуга, в качестве доминирующего содержит групповой блок. Развивающий детский сад объединяет функции по физическому и интеллектуальному развитию дошкольников и включает блоки общеразвивающий и дополнительного образования. В детских садах с оздоровительной функцией преобладают медицинский и общеразвивающий блоки [4, с. 222].

### Выводы.

На примере учреждений дошкольного образования г. Гомеля и Гомельской области можно сделать выводы о состоянии и направлениях развития данных объектов на территории страны. В результате проведенного исследования объектов дошкольного образования определены проблемы несоответствия построенных в советское время и действующих сейчас детских дошкольных учреждений социальному запросу и наличия значительного физического и морального износа зданий.

<sup>7</sup> ТКП 45-3.02-249-2011 (02250). Здания и помещения учреждений, обеспечивающих получение дошкольного образования. Правила проектирования. Введ. 05.12.2011. – Минск : Минстройархитектуры, 2012. – 60 с.

Проведенное анкетирование среди работников учреждений дошкольного образования г. Гомеля и Гомельской области способствовало выявлению наиболее значимых на сегодняшний день проблем и определению социологических оснований для трансформаций организационной структуры учреждений дошкольного образования. Анкетированными отмечены преимущественно такие проблемы как невысокие качественные характеристики зданий и территории детских садов, их низкая функциональность, отсутствие ряда необходимых согласно современным нормативным требованиям помещений. Данные факты свидетельствуют о неблагоприятных условиях пребывания в подобных по характеристикам учреждениях.

На примере обследованных объектов показано, что дефекты могут отмечаться на всех основных конструктивных элементах, здания часто имеют высокую степень физического износа и нуждаются в капитальном ремонте, усилении либо замене. Планировочная структура зданий типовых детских садов, построенных в 1970-1990 годах, имеет недостатки, заключающиеся в отсутствии всех необходимых для осуществления функциональных процессов помещений, в отдельных случаях можно указать на недостаточные площади производственных и игровых зон. Также очевидно, что интерьерные решения не отвечают актуальным требованиям в аспекте современной эстетики и качества используемых материалов. Требуется разработка научно обоснованных предложений по модернизации зданий детских садов, запроектированных в советский период.

В современном мире объекты дошкольных учреждений должны из зданий с жесткой архитектурно-планировочной структурой перейти в разряд трансформируемых комплексов. Состав функциональных блоков и отдельных помещений в них должен определяться социальной направленностью учреждения: общего вида, развивающее или же оздоровления. В детских дошкольных учреждениях, реконструкция которых технически и экономически целесообразна, рекомендуется рассматривать возможность функционального обогащения архитектурно-планировочной структуры здания путем создания новых игровых и обучающих пространств, в частности интерактивных зон, творческих мастерских, пунктов коррекционной и психологической помощи, развивающих уголков, помещений для оздоровительных мероприятий и т.д. Следует искать возможность для трансформации планировочных связей и новые способы кооперирования функциональных блоков. Требуется также создание условий для интегрирования электронных образовательных ресурсов: персональных компьютеров, интерактивных досок и столиков, электронных планшетов.

Однако необходимо отметить, что в настоящее время в условиях пандемии архитектурно-планировочные решения зданий дошкольных учреждений образования, построенных по типовым проектам советского периода, наиболее полно удовлетворяют требованиям ограничения распространения инфекции: предусмотрены отдельные входы для разновозрастных групп детей и работников, помещения игровых и спален достаточно инсолированы, каждая группа изолирована и практически отсутствует пересечение потоков детей как в самом здании, так и на игровых площадках.

#### Литература:

1. Золотник С.В. Анализ объемно-пространственной структуры зданий дошкольных образовательных учреждений, построенных по типовым проектам 60-80-х годов 20 века / С.В. Золотник // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 11-1. – С. 37-41.
2. Золотник С. В. Теоретическая модель дошкольного учреждения как основа направления преобразования архитектуры детских садов, построенных в советское время / С. В. Золотник // *Перспективы науки*. – 2020. – № 10 (133). – С. 221-225.
3. Ламехова Н.В. Функционально-планировочная структура зданий для дошкольного образования / Н.В. Ламехова // *Академический вестник УралНИИпроект. РААСН*. – 2011. – №3. – С. 53-59.
4. Степанова М. И. Современная архитектура детских садов: новые гигиенические принципы / М. И. Степанова // *Здоровье и окружающая среда : Сборник материалов республиканской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены»: в 2-х томах, Минск, 26–28 октября 2017 года / Главный редактор С.И. Сычик*. – Минск: Государственное учреждение «Республиканская научная медицинская библиотека», 2017. – С. 225-227.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Евстратенко Анжелика Владимировна	Евстратенко Анжелика Владимировна	Evstratenko Anzhelika Vladimirovna
номзади мѣморӣ	кандидат архитектуры	PhD in Architecture
Донишгоҳи давлатии нақлиёти Беларус	Белорусский государственный университет транспорта	Belarusian State University of Transport
	<a href="mailto:angelikaevstratenko@gmail.com">angelikaevstratenko@gmail.com</a>	

TJ	RU	EN
Щеглова Анастасия Васильевна	Щеглова Анастасия Васильевна	Mirzoeva Firuza Zokirovna
муҳаққиқи меъморӣ	исследователь в области архитектуры	architecture researcher
Донишгоҳи давлатии нақлиёти Беларус	Белорусский государственный университет транспорта	Belarusian State University of Transport
<a href="mailto:n_katechkina@mail.ru">n_katechkina@mail.ru</a>		

## ТЕКТОНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В АРХИТЕКТУРЕ СЕВЕРНОГО РЕГИОНА СРЕДНЕЙ АЗИИ

Ф.З. Мирзоева, А.А. Разаков

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье рассматривается историческое развитие, становление тектонической системы конструктивных строений взаимодействия работы несущих конструкций с ее элементами декора, которая приобретает художественную выразительность на основе строительного материала; и становясь одновременно архитектурной формой культовых монументальных сооружений городов Северного региона Средней Азии. В архитектуре данного региона раскрывается художественный замысел зодчих и мастеров, при проектировании зданий применяются несущие конструктивные формы, например, арочно-сводчатые конструкции, что позволило в более ранний период на территории Востока, где декоративное воплощение проявляется в народную архитектуру Северного Таджикистана, такая техника особенно ярко выражается в жилых домах, мечетях Верхнего Зеравшана, селениях Исфаринского, Ганчического, Худжанского и других районов. Народные мастера оформляли интерьер с учетом местных традиций, а зодчие перенимая друг у друга опыт, совершенствовались планировочное решение придавая им устойчивость строительно-художественного совершенства, что явилось для будущих поколений одной из важных задач.

Ключевые слова: архитектура, конструкция, зодчие, художественный образ пространства, элементы, сооружения, взаимодействие.

### СИСТЕМАИ ТЕКТОНИКИИ ЭЛЕМЕНТҶОИ СОХТМОИ ДАР МЕЪМОРИИ МИНТАҚАИ ШИМОЛУ ШАРҶИ ОСИЁИ МАРКАЗӢ

Дар мақола раванди барқароршавӣ, коркарди яқҷояи системаи конструксияҳои тектоникии борбардор бо элементҳои ороишӣ, ки дар асоси бандубасти масолахҳои сохтмонӣ шакли бадеиро мегиранд, дида баромада шуда, ки ҳамзамон онҳо шакли фарҳангӣ монументалии иншоотҳои шаҳрҳои қисмати шимолии Осӣи Миёнаро мегиранд. Дар онҳо тафаккури эҷодкорӣ бадеии меъмрон ва устодон хангоми ба лоиҳадарории биноҳо дар чорҷубаи муайян даровардани шаклҳои конструксияҳои борбардор, дар мисоли конструксияҳои равоқдор ва гумбазшакл намудор мешаванд, ки аз даврони кӯҳани худудии Шарқ маълумот медиҳад. Қабули ороишот дар меъмории халқии Шимоли Тоҷикистон дар хонаҳои истиқоматӣ, масҷидҳои Зарафшони Боло, бо дохил кардани маҳаллаҳои ноҳияҳои Исфара, Гонҷӣ, Хучанд ва ғайра ниҳоятдараҷа равшан ошкор мекунад. Устодони ҷиҳрадаст дар эҷодкорӣ дохили бино бо дастрасии анъанаҳои маҳаллӣ ҳалли банақшадорӣ, ки меъмрон дар ин раванд анъанаҳои бадеӣ-сохтмониро аз ҳамдигар омӯхта, дар қор мустаҳкамӣ ва бадеият дода, ба камол мерасиданд ва ба насли оянда яке аз масъалаҳои бузургро мегузоштанд.

Калимаҳои калидӣ: меъмрон, сохтмон, меъмрон, бадеӣ, фазо, унсурҳо, таҳқиқот, ҳамбастагӣ.

### TECTONIC SYSTEM OF CONSTRUCTIVE ELEMENTS IN THE ARCHITECTURE OF THE NORTHERN REGION OF CENTRAL ASIA

Annotation: the article examines the historical development, formation, tectonic system of structural structures, the interaction of the work of load-bearing structures with decorative elements that find artistic expression on the basis of the material; and at the same time became an architectural form of monumental religious buildings in the cities of the northern region of Central Asia. This will be revealed. The artistic concept of architects and craftsmen entered the northern cities of Central Asia when designing a building with load-bearing structural forms. Once again, architects and craftsmen in ancient times developed their own design techniques combined with tectonic structural work such as the columnar, domed sections that completed the construction of residential buildings and mosques. As a result of the consistent mastery of the carving technique in the northern regions of Tajikistan, these parts are occupied by the Upper Zaravshan Valley, Isfara, Ganchi, ancient Khujand and others. Also in the decorative scale and interior design of residential buildings in accordance with the national architectural background of the Tajik people for beautiful lighting of rooms, rooms of a high level of craftsmanship, which still play an important creative role.

Key words: architecture, construction, architects, artistic, space, elements, construction, research.

Тектоникой называется конструктивное строение архитектурного сооружения, использованное в художественных целях. Тектоника (от греческого – строение, построение) – точная наука (или интуитивное искусство) из отдельно взятых структурных деталей, несущих силовую нагрузку.

Тектоника является важнейшим признаком в произведении конструктивных особенностей основ форм декора и орнамента в архитектуре [1].

В своей работе Маркузон В.Ф. отметил, что на основе анализа составляется семантическая основа свойств материала, способствующая выявлению идейно-художественного образа языка [2].

В модификации конструкций Средней Азии массового строительства простейшим подручным материалом была глина, сырец и дерево, особенно в монументальных постройках, где она приобретает художественную выразительность в архитектуре.

Характерная особенность тектоники стеновых конструкций в архитектуре Средней Азии привлекала внимание, к примеру М.С. Булатов делает свои выводы по анализу структуры сооружения мавзолея Саманидов в Бухаре (IX-X вв). Он разделяет тектонические системы на четыре части, которые состоят из строительных материалов глинобитных, сырцовых стен, сводов и куполов, в том числе основной несущей конструкцией является стоечная арочная конструкция и деревянный каркас [3].

Рассматривая тектонику арочных и сводчатых конструкций, особенно это наблюдается при раскопках в зодчестве Северного Таджикистана VI-VII вв., были выявлены детали колонн, элементы декора и сечения балок.

Внешняя тектоническая система конструктивных элементов обозначает зрительное воплощение внутренней конструкции зданий. Типы деревянных конструкций явились предметом в производстве народной архитектуры, где система стоечно-балочной конструкции являлась важнейшим элементом архитектурной композиции [4].

Для монументальных зданий в системе конструкций выбирался прочный строительный материал, который изготавливался путем обжига в мастерских производства строительного ремесла, на основе анализа были выявлены в материалах народной архитектуры узбеков и таджиков [5].

В домах Северного Таджикистана более сложной формой являлась тектоническая система, которая подчеркивается своим декоративным обрамлением, где несущие способности балок слегка затесывали дугой и использовали в художественных целях, что не возникает у человека ощущения тяжести, массивности или наоборот, легкости, воздушности.

После укладки балок их концы обшивали дощечками, чтобы они приобрели завершенность в членении композиционного пространства.

Просветы некоторых частей потолка между балками (60-65 м по осям) обшивали горбылями «васа». Поверхность «васы» укладывали камышом или делали засыпку с глиняной смазкой.

Характерным в конструктивном решении являлось применение строительного материала из дерева, где в произведениях народных мастеров в оформлении потолка прослеживается ребристая структура, которая получила название «тахта и нарвон» - «лестничные».

Особенно это наблюдается в богатых домах, где балки частично обрамляли дощатой обшивкой, состоящей из композиций геометрического орнамента, а центр и углы потолка украшали сталактитовыми небольшими куполами.

Большую часть поверхности потолка, украшали карнизы, обогащая художественной отделкой росписью.

В культовых сооружениях конструктивным признаком является перекрытия портиков – айванов, которые опираются на ряд колонн. В целях художественной выразительности решения архитектурного комплекса, народные мастера придавали скульптурную форму и отделяли их декоративной резьбой, что позволяло передавать внешнему облику фасада монументальность, образуя в нём открытую структуру создающей системы конструкций, пространственный строй и идейное содержание здания.

Тектонические системы элементов стеновых конструкции домов были каркасные с заполнением из сырца или катышей «гуаля», что защищала их от воздействия температур климата в районах со значительным годовым осадком и высокой сейсмичностью. Для прочности стены применяли двойной каркас: благодаря стойкам и раскосам внешнего и внутреннего пространства. Они не требовали заполнения конструкции каркаса, что послужило между стоек ниши, место пространству для встроенных шкафов.

В углубленных до пола просторных нишах складывают одеяла, а над панелью продольных стен ставят посуду.

Тем самым интерьеру придается художественный замысел и фантазии мастеров в оформлении интерьера. Особенно выражены также серванты, которые придают комнате в планировочном решении уютность для проживания людей.

Безграничные фантазии мастеров можно выделить в изобретении геометрических комбинаций, в которых одновременно применяется художественная обработка дерева, широко применяемая в культовых сооружениях. Высокохудожественными образцами являлись фестончатые прорезные дощечки, белизна которых оттеняет глубину ячеек, окрашенных яркими хроматическими тонами. Все это активно влияет на процесс художественного творчества, четко выражает и в оформлении стен интерьера.

Зодчие старались извне показать всю структуру каркаса, скрывали под глиносаманной штукатуркой.

Тектоника проявляется среди культовых сооружений намного, чем в жилых, где ярко выражается в помещениях мечетей, в элементах конструкций перекрытий и системе опор.

Планировочная система по осям делилась на равные части, разделяя перекрытия на квадраты, что позволяло размещать колонны на расстоянии 3,4-3,6 м по осям.

Помещения мечетей делились на зимние и летние в соотношении площади. При рассмотрении закрытого помещения они определялись числом квадратов, а одностолпные мечети были четырехквдратные – по строительной терминологии «чорхона», в том числе двухстолпные – шестиквдратными «шашхона».



Рис.1,2. Истаравшан (Ура-Тюбе). Старый город.

Следует отнести к числу интересных находок мечетей айванного типа, с однородной колоннадой поперечно фасаду, которые перекрывали балками, а потолки разбивали на квадраты.

В тектонике стеновых конструкции на айване входной части, которая направляла посетителя с балочной «дорожкой», располагался михраб и был украшен расписным плафоном (рис. 1,2).

В системе конструкции мечетей особенно среди элементов потолка учитывается его разнообразный красочный орнамент, который раскрывает художественный замысел зодчих, но и рациональная конструкция открывала посетителю пространственный строй, включая идейное содержание здания во всех деталях.

В городах Северного региона Таджикистана, например в мечетях Ура-Тюбе, наблюдался недостаток мест, лишенных летних помещений айвана, конструктивная система айвана, уложенного наискось, где такая конструкция позволяла обойтись без центральной опоры.

Главную роль работы под нагрузкой конструкции особенно зодчие учитывали угловую колонну айвана, она всегда утолщалась, и тем самым огромную лепту внесли мастера резьбы по дереву при обрамлении колонн, что предавало форме колонн, консолей завершенный вид.

Важнейшим элементом архитектурной композиции здания является колонна, которая служит формированию художественного образа, несущего силовую нагрузку, например арочных сводов, перекрытий, особенно в мечетях и жилых строениях, где при проектировании опоры маркируют план, что определяя модуль здания [6].

Несмотря на внешнее воплощение и внутреннюю конструкцию колонны, которые придают облику здания национальный вид. Это хорошо прослеживается при анализе ствола шаровидного основания колонн «кузаги» (кувшин).

Особенно подобные явления исследованы ученым В.Ф. Маркузон, который применительно обосновал их как метафору в архитектуре.

Применение в архитектуре формы колонны выполняют работу опоры на сжатие, несущую стволем нагрузку, как бы пружинят в шарнирном основании. Также образное отражение формы конструкции возникает в деревянной колонне и в камне [7].

Характерной особенностью является пластическое срабатывание шарнира при землетрясении от сильного толчка, где ножка опоры может соскочить с цоколя, в результате прогон, лежащий над нею, может обломиться.

Это просматривается в городах Узбекистана, например Хива практически не сейсмична в зоне восьми баллов и выше. Это позволило для эластичности конструкции применить соединение колонны и подбалки при помощи шипа.

В результате в конструктивном строении мастерам удалось соподчинить работы колонны с каменной базой, что позволило изолировать деревянный ствол и защитить от почвенных солей [8].



Вследствие увеличения пролета конструкции VIII-IX вв. решается новый подход монументального строительства. Происходит изменение при выборе строительного материала, который изменяется на обожженный кирпич, тем самым подчёркивая форму параболическим очертанием, а также изменяя профиль – арки и своды становятся стрельчатыми, а купола приобретают формы сферы.

В исследовании тектоники арочных и сводчатых конструкций специальную работу посвятил Средней Азии Б.Н. Засыпкин, который определил вертикальные и горизонтальные усилия, передающие нагрузку в отдельные точки, что стрельчатое завершение арки выполняли функцию антисейсмического шарнира.

Он рассмотрел и выделил купольные объёмы, которые сосредоточены на максимальную нагрузку, передающую на кольцо несущих стен, при круглом в плане пространства и делящие на несколько под купольных систем: это консольные паруса, тромпы, щитовидные паруса, пересекающие арки, также он использует путем графического метода, где в плане помещены штриховкой максимальная нагрузка [9].

Много сходного мы можем обнаружить в способе кладки свода поперечными отрезками, распространенном с древности на территории Средней Азии, в том числе в Северном Таджикистане. С подборным способом устройства сводов в архитектуре Ирана в свою очередь схож с египетской системой кладки из наклонных поперечных отрезков [10].

Рассматриваем антисейсмическое значение, где В.Л. Воронина отметила, что прием поперечных отрезков делает конструкцию более эластичной. Этот метод кладки поперечными отрезками был воспринят византийскими зодчими и стал одной из основ строительного искусства Византии [11].

Устойчивость традиции наблюдается в устройстве балочных покрытий с земляной кровлей жилищ и просматривается в других типах сооружений.

Характерным для раннесредневековых жилищ древнего Пенджикента и Бунджиката явилась тектоника и конструктивная система, которая дошла без изменения до XVIII-XIX в [12].

Из материалов раскопок до нас дошли четырёхколонные и многоколонные залы древнего Пенджикента, строительно-художественные традиции и брусчатые фонари.

Происходит своеобразный распространенный вид конструкции в более ранний период на территории Востока, где декоративное воплощение в народной архитектуре Северного Таджикистана особенно ярко выражено в жилых домах, мечетях Верхнего Зеравшана, включая селения Исфаринского, Ганчинского, Худжандского и других районов.

В результате изучения строительно-художественных традиций, зодчие перенимали друг у друга и совершенствовали освоение свойств новых конструктивных форм, придавая им устойчивость и художественное совершенство. Таким образом, в народном зодчестве накапливается своеобразный положительный опыт, который позволяет сделать существенный, качественный скачок в освоении прочной базы.

Развитие городов осуществляли зодчие, владеющие знаниями математики, геометрии, композиции, конструкции архитектуры и их, средствами построения архитектурной формы, отлично чувствующие тектонические системы построек различного назначения. На территории Средней Азии, в частности в Мавареннахре сохранились в малом количестве культовые постройки, жилые дома и другие.

В заключении можно сказать, что в Средней Азии известны две тектонические системы: стоечно-балочная и сводчатая.

Стойечно-балочная система является без распорной – «статической». Компонировка балочных мечетей состоит из четкого квадратного модуля, который напоминает структуру кристаллов. В системе действует распор, диктующий законы «динамического построения», где отдельные элементы противостоят косым центробежным усилиям.

Понятие тектоники рассматривается комплексно, в единстве всех архитектурных элементов. Также представляет собой единый организм, в котором все части взаимодействуют: вес и перекрытия как бы дают нагрузку стенам и опорам, создают противодействие несущих конструкций, включая образное выражение взаимодействия полноценных произведений зодчества.

### Литература

1. Кузнецов А.В. Тектоника и конструкция центральных зданий. М. 1951, С. 8
2. Маркузон В.Ф. О закономерности развития и семантике архитектурного языка. Журнал Архитектура СССР 1970 №1, С.48
3. Булатов М. Тектоника и масштабность в архитектуре. Искусство зодчих Узбекистана, вып. 3, Ташкент 1965, С. 26
4. Воронина В.Л. Архитектура древнего Пенджикента. МИА №124, М-Л, 1964, С. 78-87
5. В.Л. Воронина. Народная архитектура Северного Таджикистана. М. 1959 – С. 18-23
6. Воронина В.Л. Конструкции и художественный образ в архитектуре Востока. М. 1977, С. 90-94
7. Маркузон В. Ф. Метафора сравнения в архитектуре. Архитектура СССР, 1939 №5, С. 91.
8. Воронина В.Л. Народные традиции. Формы и детали деревянного ордера Средней Азии, вып 2. М. 1958 – С. 82-76

9. Б. Н. Засыпкин. Своды в архитектуре Узбекистана. АН №13, 1961 С. 147-167
10. Шузи Огюст. История архитектуры – Т.1 – М. АА СССР 1935 С. 113
11. Вопросы теории архитектурной композиции. Вып. 2 – М. 1958 С. 136
12. Мамаджанова С.М. Мукимов Р. Традиции в зодчестве Уструшаны. С. 15-16.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Мирзоева Фируза Зокировна номзади меъморӣ, дотсент	Мирзоева Фируза Зокировна кандидат архитектуры, доцент	Mirzoeva Firuza Zokirovna PhD in Architecture, Associate Professor
ДТТ ба номи акадмик М.С.Осимӣ.	ТТУ имени академика М.С. Осими <a href="mailto:firuza.1@mail.ru">firuza.1@mail.ru</a>	TTU named after Academician M.C.Osimi
TJ	RU	EN
Разоков Абдуманон Абдусаломович Муаллими калон	Разоков Абдуманон Абдусаломович старший преподаватель	Razokov Abdumanon Abdusalomovich Senior Lecturer
ДТТ ба номи акадмик М.С.Осимӣ.	ТТУ имени академика М.С. Осими <a href="mailto:razok@mail.ru">razok@mail.ru</a>	TTU named after Academician M.C.Osimi

УДК 539.376 + 622.831

## ИСПЫТАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ КАМЕННОЙ СОЛИ НА ОБЪЁМНОЙ, ПРОДОЛЬНОЙ И ПОПЕРЕЧНОЙ ПОЛЗУЧЕСТИ

А.С. Раджабова

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Статья посвящена обзору экспериментального изучения объёмной, продольной и поперечной ползучести образцов пласта каменной соли, лежащего под основанием самой высокой в мире строящейся каменно-насыпной плотины Рогунской ГЭС. При отсыпке плотины объёмом в 72 млн. м<sup>3</sup> породы в основании плотины начнётся формирование растягивающих напряжений, которое приведёт к дополнительному напряжённому состоянию солевого пласта. Пласт каменной соли в силу своих реологических характеристик оказывает существенное влияние на формирование напряженного состояния окружающего массива. Учитывая, что плотина Рогунской ГЭС расположена в зоне влияния пласта соли и своим весом создаст дополнительные напряжения в нём и окружающем массиве, существенное значение приобретают свойства пласта каменной соли. В связи с этим изучение реологических характеристик пласта каменной соли и контроль поведения солевого пласта являются актуальными. Полученные результаты будут являться основой для прогнозирования поведения пласта соли и основания плотины при строительстве ГЭС и наполнения водой Рогунского водохранилища.

**Ключевые слова:** каменная соль, реологические свойства, растягивающие напряжения, Рогунская ГЭС, водорастворимый пласт, физико-механические характеристики, продольная и поперечная ползучесть, гидроизолирующие покрытия, кривые ползучести, прогрессирующая ползучесть.

### ОМУЗИШИ ХУСУСИЯТҲОИ РЕОЛОГИИ

#### НАМУНАҲОИ НАМАКСАНГ БАРОИ ЁЗИШИ ҲАҚМӢ, ҚАДӢ ВА КУНДАЛАНГӢ

Мақола ба баррасии омузиши таҷрибавии лағзиши ҳақмии намунаҳои қабати намаксанг, ки дар зери баландтарин сарбанди хоку сангӣ дар ҷаҳон НБО Роғун ҳобидааст, бахшида шудааст. Ҳангоми пур кардани сарбанд бо ҳақми 72 миллион м<sup>3</sup> хоку санг, дар поёи сарбанд фишорҳои ёзишии ҷисмҳои кӯҳӣ ба вучуд меоянд, ки ин ба ҳолати фишори иловагии қабати намаксанг оварда мерасонад. Қабати намаксанг аз сабаби хусусиятҳои реологии худ ба ташаккули ҳолати фишори ҷисмҳои кӯҳии гирду атроф таъсири назаррас мерасонад. Бо дарназардошти он, ки сарбанди НБО Роғун дар минтақаи таъсири қабати намак ҷойгир аст ва бо вазни худ дар ҷисмҳои кӯҳии гирду атроф фишорҳои иловагӣ эҷод мекунад, донишмандони ҳосиятҳои қабати намаксанг аҳамияти калон доранд. Аз ин рӯ, омузиши хусусиятҳои реологии қабати намаксанг ва назорати рафтори қабати намаксанг мубрам мебошад. Натиҷаҳои бадастомада заминаи асосии пешгунии рафтори қабати намаксанг ва пойгоҳи сарбанд ҳангоми сохтмони нерӯгоҳи барқӣ ва пур кардани обанбори Роғун шуда метавонад.

**Калимаҳои калидӣ:** намаксанг, ҳосиятҳои реологӣ, шиддатҳои ёзишӣ, НБО Роғун, қабати маҳлулшаванда, хусусиятҳои физикӣ ва механикӣ, ёзиши тӯлонӣ ва амудӣ, қабатҳои гидроизолятсионӣ, графики ёзиш, ёзиши прогрессивӣ.

### TESTING THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF STONE SALT SAMPLES ON VOLUME, LONGITUDINAL AND LONGITUDINAL CREEP

The article is devoted to a review of the experimental study of the volumetric creep of samples of a rock salt layer lying under the base of the Rogun HPP, the world's highest rock-fill dam under construction. When filling a dam with a volume of 72 million m<sup>3</sup> of rock, tensile stresses will begin to form at the base of the dam, which will lead to an additional stressed state of the salt layer. The rock salt layer, due to its rheological characteristics, has a significant impact on the formation of the stressed state of the surrounding massif. Considering that the dam of the Rogun HPP is located in the zone of influence of the salt layer and by its weight will create additional stresses in it and the surrounding massif, the properties of the rock salt layer are of great importance. In this regard, the study of the rheological characteristics of the rock salt reservoir and the control of the behavior of the salt reservoir is relevant. The results obtained will form the basis for predicting the behavior of the salt layer and the base of the dam during the construction of a hydroelectric power station and filling the Rogun reservoir with water.

**Key words:** rock salt, rheological properties, tensile stresses, Rogun HPP, water-soluble reservoir, physical and mechanical characteristics, longitudinal and transverse creep, waterproofing coatings, creep curves, progressive creep.

### Введение

На участке строительства сооружений распространены скальные породы, представляющие собой чередование песчаников, аргиллитов, алевролитов. Слои падают в сторону нижнего бьефа под углом 65° – 75°.

Почти все породы относятся к прочным скальным грунтам. Исключение составляют верхнеюрская каменная соль (J<sub>3gr</sub>) и аргиллиты яванской свиты, относящейся к скальным грунтам средней прочности, а также верхнеюрские аргиллиты, относящиеся к слабым скальным грунтам. На поверхности земли, а также в обнаженных подземных выломках алевролиты и аргиллиты быстро выветриваются, превращаясь в плотно уложенную древесину.

Участок створа представляет собой узкое, S - образно изогнутое ущелье протяжённостью около одного километра с крутыми, местами отвесными бортами, поднимающимися на высоту 350 - 600 м над рекой. Сложен участок породами мелового и верхнеюрского возраста, которые контактируют по Ионахшскому разлому – взбросу II порядка с амплитудой смещения более одного километра. Плоскость разлома наклонена в сторону нижнего бьефа под углом 80°-85°. Разлом пересекает реку в пределах верхней по течению границы участка створа: вверх по реке он трассируется вдоль основания её левого борта, вниз –

уходит вглубь правого берега. Кроме Ионахшского, на участке створа развиты тектонические нарушения более высоких порядков. Подавляющее их большинство падает в сторону верхнего бьефа под углом 20°-40°. Протяжённость разломов достигает сотен метров, преобладающее расстояние между ними 40-60 м. Наиболее крупным из них является разлом № 35 – взброс с амплитудой 200 м, который наклонён под углом 45°-50° в сторону верхнего бьефа и пересекает весь участок створа. Характерной особенностью разломов Ионахшского и № 35 является наличие зон дробления в виде вытянутых вдоль их плоскостей тектонических линз, в пределах которых породы сильно дислоцированы и ослаблены в куске. Мощность тектонических линз Ионахшского разлома достигает 80 м, протяжённость до 1 км, аналогичные характеристики для разлома № 35 – 40 м и 0,5 км соответственно.

На реке Вахш в настоящее время строится Рогунская ГЭС с высотой плотины 335 м. Спроектированная ещё в 1972 году Рогунская ГЭС является уникальным сооружением по инженерно-геологическим условиям. В верхнем бьефе, в 400-500 м от оси плотины, под основанием верховой упорной призмой проходит пласт каменной соли, непосредственно контактирующим с Ионахшским разломом, пересекающим реку под углом 30°. В оголовке мощность пласта соли колеблется осредненное от 1-2 до 10-12 м и на каждые 100 м глубины увеличивается на 15 м.

Пласт каменной соли в силу своих реологических характеристик оказывает существенное влияние на формирование напряженного состояния окружающего массива. Учитывая, что плотина Рогунской ГЭС расположена в зоне влияния пласта соли и своим весом создаст дополнительные напряжения в нём и окружающем массиве, существенное значение приобретают свойства пласта каменной соли. В связи с этим изучение реологических характеристик пласта каменной соли и контроль поведения солевого пласта является актуальным.

Все известные методы испытания исследуемых образцов породы на длительную прочность принято разделять на две группы: прямой метод (классический) и косвенный метод (ускоренный).

#### Постановка задачи

Определение реологических характеристик (изменение деформационных и прочностных характеристик каменной соли во времени) солевого пласта было выполнено по заданию Дирекции строящейся Рогунской ГЭС со стороны НИИГидропроект в 1991 году. Каменная соль верхнеюрского возраста в солевом растворе в условиях одноосного приложения нагрузок имеет величину временного сопротивления сжатию 23 МПа, растяжению 20 МПа, коэффициент бокового расширения 0,2 (до 0,4).

Испытание образцов каменной соли были проведены прямым методом, который описан в работах [1-4], под постоянным напряжением во времени до разрушения. Преимущества прямого метода перед косвенным является достоверность получаемых физических величин. Недостатком прямого метода заключается в трудоёмкости выполняемых исследований и продолжительности проведения исследования, который занимает по времени от нескольких дней до нескольких месяцев.

Выполненные эксперименты с образцами каменной соли, подобными по прочностным и деформационным характеристикам каменной соли солевого пласта, проходящего в основании плотины Рогунской ГЭС, показали высокую степень ее ползучести, что, в свою очередь, обуславливает, по-видимому, повышенные тектонические напряжения в окружающем массиве. Испытания соли выполнены в условиях одноосного нагружения.

Определение реологических характеристик каменной соли осуществляли на образцах цилиндрической формы, выбуренных их монолитов или из керна буровых скважин.

Выбуривание кернов из полученных монолитов осуществлялось дисковой пилой. В результате получали образцы размером 45 мм диаметром и 90 мм высотой. После изготовления образцы покрывались слоем парафина для сохранения его влажности.

Перед началом испытаний в камере запрядельного деформирования, где боковая нагрузка осуществляется маслом, образец покрывался гидроизолирующим покрытием для предотвращения попадания масла на образец.

Гидроизолирующее покрытие представляет собой несколько слоев клея №88 наносимого на образец, или резиновый цилиндр, надетый на образец.

Пласт каменной соли, в силу своих реологических характеристик, оказывает существенное влияние на формирование напряженного состояния окружающего массива. Учитывая, что плотина Рогунской ГЭС расположена в зоне влияния пласта соли и своим весом создаст дополнительные напряжения в нем и окружающем массиве, существенное значение приобретают свойства каменной соли.

Аппаратура для проведения испытаний в условиях объемного сжатия и одноосной ползучести. Испытания образцов пород в условиях объемного сжатия проводили в стабилометре БВ - 21, выпускаемого мелкими сериями на опытно-экспериментальном заводе ВНИМИ (Санкт-Петербург). Технические характеристики стабилометра БВ – 21 приведены в таблице 1 [5].

*Таблица 1.*

Техническая характеристика стабилометра.

Наименование параметров	
Диаметр образцов, мм	42±1
Высота, м	90±2
Жесткость стабилометра, Н/м	2,5 * 10 <sup>7</sup>
Осевое давление на образец, МПа	1-300
Боковое давление на образец, МПа	1-60
Продолжительность испытаний, мм	1-180
Максимально допустимая продольная деформация, мм	30
Габаритные размеры стабилометра, мм	
- диаметр основания	400
- высота	600
- масса, кг	60

Стабилометр (рис.1) состоит из камеры 12, цилиндра 8, поршня 7, крышки 1 и регулирующих вентилях 10 и 6 поршнями 9 и 2. Полость 11 заполнена мало сжимаемой жидкостью. Образец 5 горной породы и измерителями продольных 4 и поперечных 3 деформаций помещается в камеру. При испытании стабилометр устанавливается на прессе, с помощью которого создается нагрузка на образец в осевом направлении.

Боковое давление создается с помощью гидравлического насоса через клапан 13. В начале на прессе нагружается (до 800 кН) корпус стабилометра, в то время образец не испытывает нагрузки.

Нагрузению образца препятствует мало сжимаемая жидкость в полости 11. Плавным выпуском жидкости из полости 11 с помощью вентиля 6 осуществляется перемещение поршня 7 вверх, благодаря чему передается нагрузка на образец, величина которой контролируется интенсивностью выпуска мало сжимаемой жидкости из полости 11. Таким образом, испытания образцов пород в стабилометре БВ-21 производится в режиме контролируемого деформирования на любой стадии нагружения.

При проведении испытаний с применением стабилометра БВ-21 используются нагрузочный пресс с рабочим усилием до 800 кН, насос гидравлический с регулируемой производительностью и величиной максимального рабочего давления не менее 60 МПа, два двух- координатных потенциометра типа Н 307/1.

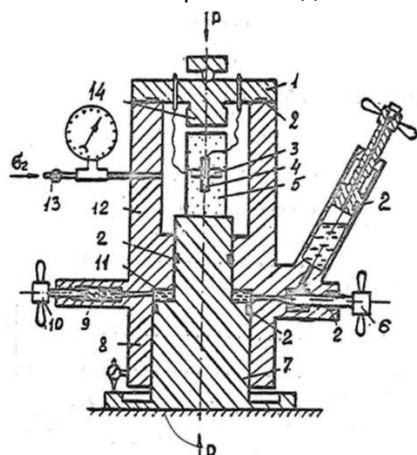


Рис. 1. Камера запредельного деформирования БВ-21.

Стабилометр обеспечивает получение при испытаниях следующих показателей:

- предела прочности при одноосном и объемном сжатии;
- модуля упругости и коэффициента Пуассона;
- модуля деформации и коэффициента поперечной деформации;
- сцепления и угла внутреннего трения;
- модуля спада и остаточной прочности.

Испытания образцов каменной соли на одноосную ползучесть осуществляли на установке УП – 2 конструкции ВНИМИ (санкт - Петербург). Пределы нагружения составляли от 0,1 до 0,9 предельной прочности [6].

Испытания образцов горных пород на ползучесть в условиях одноосного напряженного состояния осуществлялась с помощью установки одноосной ползучести У11-2, разработанной во ВНИМИ.

На рис.2 приведены принципиальная схема установки и ее общий вид. Установка состоит из 9 нагрузочных секций и системы газ масляных баллонов для задания и поддержания постоянными во времени уровней напряжений. Испытательные секции отличаются друг от друга площадью сечения поршней в нагрузочных ячейках. Площади сечения поршней подобраны таким образом, что, если на секции с минимальным диаметром поршня будет задана нагрузка, составляющая 10% от предела прочности на одноосное сжатие, то на последующих секциях нагрузка будет соответствовать 20, 30...90% от предела прочности. На каждой секции установки одновременно испытывается по 3 образца. Размеры испытываемых образцов составляют: диаметр 36 мм, высота 70 мм. Максимальная нагрузка до 50 кН. Измерение предельных и поперечных деформаций производится с помощью индикаторов часового типа. С целью сохранения постоянной влажности образцов во время испытаний, боковая поверхность их покрывается несколькими слоями клея № 88, либо эластичными резиновыми оболочками, боковой подпор от которых не превышает 0.05 МПа.

Результаты испытания образцов каменной соли на объемную ползучесть. Для испытаний каменной соли на объемную ползучесть изготовлено 9 образцов, которые были испытаны при вертикальных напряжениях 10, 15 и 20 МПа и горизонтальных напряжениях 2,5; 5,0 и 7,5 МПа. Для проведения испытаний были использованы установки объемного сжатия, разработанные в институте ВНИМИ [5]. В таблице 3.7 приведены результаты испытания ползучести каменной соли при различных сочетаниях вертикальных и горизонтальных напряжений для  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  в зависимости от времени. Общее время проведения испытаний составляло также 770 часов.

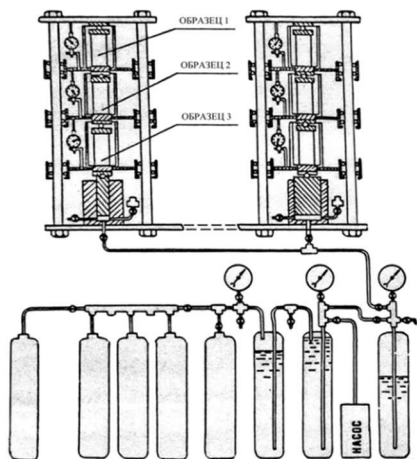


Рис.2. Принципиальная схема установки УП-2.

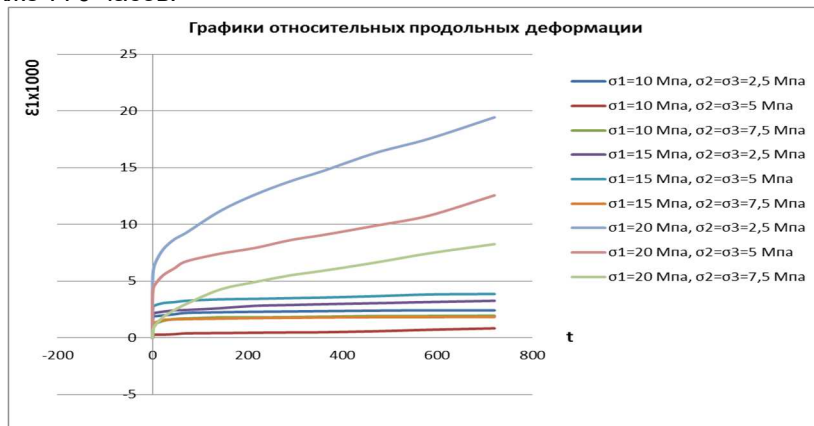


Рис. 3. Совмещённый график ползучести каменной соли при  $\sigma_1=20$  МПа (вертикальных),  $\sigma_2=\sigma_3=7,5$  МПа (горизонтальных) напряжений для  $\varepsilon_1$  в зависимости от времени.

На рисунках 3 – 4 приведены результаты испытания ползучести каменной соли при различных сочетаниях вертикальных и горизонтальных напряжений для  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  в зависимости от времени. Продолжительность времени проведения испытаний - 770 часов.

Построенные кривые объёмной ползучести показывают, что при напряжениях  $\sigma_1 = 20$  МПа (вертикальных),  $\sigma_2 = \sigma_3 = 2,5 - 7,5$  МПа (горизонтальных) наблюдается прогрессирующая ползучесть и при больших напряжениях происходит разрушение образцов, а при напряжениях  $\sigma_1 = 10 - 15$  МПа (вертикальных),  $\sigma_2 = \sigma_3 = 2,5 - 7,5$  МПа (горизонтальных) наблюдается затухающая ползучесть.

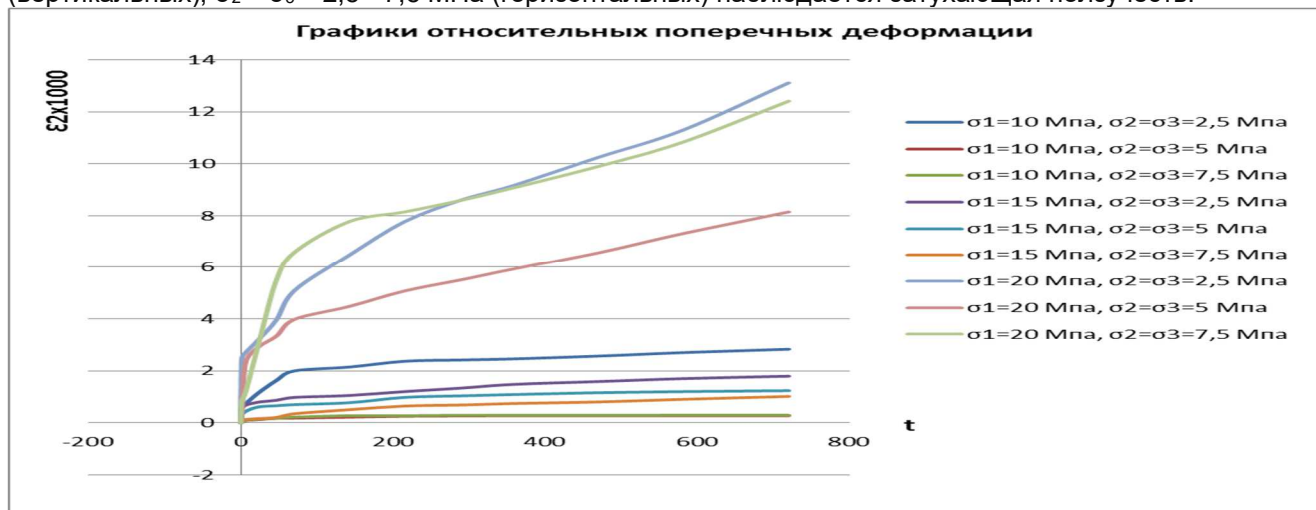
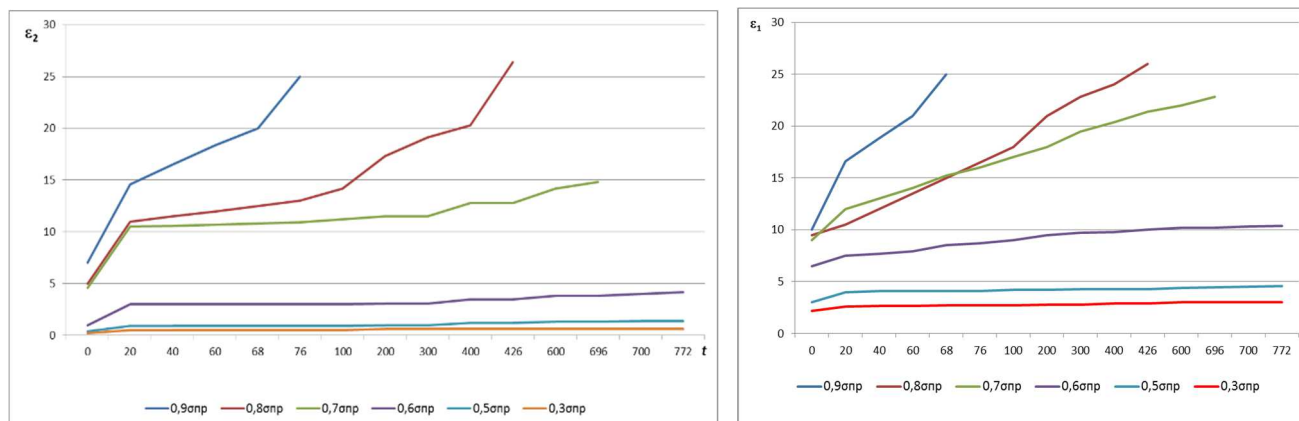


Рис. 4. График ползучести каменной соли при  $\sigma_1=20$  МПа (вертикальных),  $\sigma_2=\sigma_3=7,5$  МПа (горизонтальных) напряжений для  $\varepsilon_2$  в зависимости от времени.

Испытания на одноосную ползучесть при напряжениях  $(0,1 - 0,6)\sigma_{пр}$ , где  $\sigma_{пр} = 23$  МПа продолжались в течение 770 часов, при напряжениях 0,7, 0,8, и  $0,9\sigma_{пр}$  испытания длились значительно меньше, т.к. наблюдалась прогрессирующая ползучесть или образец разрушался [6]. В процессе эксперимента осуществлялась запись показанных продольных и поперечных деформации. На рис. 5 приведён характер ползучести образца каменной соли в продольном (рис. 3 а) и поперечном (рис. 3 б) направлениях.

Следует отметить, что при напряжениях  $0,1 \dots 0,4\sigma_{пр}$  наблюдается затухающая ползучесть, а начиная с напряжения  $0,5\sigma_{пр}$  наблюдается прогрессирующая ползучесть и при напряжениях с  $0,7\sigma_{пр}$  происходит разрушение образцов.



а) б)  
Рис. 5. Кривые ползучести образцов соли в продольном (а) и поперечном направлении (б).

**Выводы**

1. Построены кривые объёмной ползучести и найдено, что при напряжениях  $\sigma_1 = 20$  МПа (вертикальных),  $\sigma_2 = \sigma_3 = 2,5 - 7,5$  МПа (горизонтальных) наблюдается прогрессирующая ползучесть и при больших напряжениях происходит разрушение образцов, а при напряжениях  $\sigma_1 = 10 - 15$  МПа (вертикальных),  $\sigma_2 = \sigma_3 = 2,5 - 7,5$  МПа (горизонтальных) наблюдается затухающая ползучесть.
2. Определены временные параметры, позволяющие оптимизировать исследования ползучести каменной соли, для сокращения времени проведения испытаний образцов.
3. Построены кривые ползучести и найдено, что при напряжениях  $(0,1 - 0,4)\sigma_{пр}$  наблюдается затухающая ползучесть, начиная с напряжения  $0,5\sigma_{пр}$  наблюдается прогрессирующая ползучесть и при напряжениях, больших  $0,7\sigma_{пр}$ , происходит разрушение образцов.
4. Определены временные параметры, позволяющие оптимизировать исследования ползучести каменной соли, для сокращения времени проведения испытаний образцов;
5. Таким образом, пласт каменной соли в силу своих реологических характеристик оказывает существенное влияние на формирование напряженного состояния окружающего массива при возведении высоконапорной плотины создающий своим весом дополнительные напряжения.

**Литература:**

1. Породы горные. Метод определения деформационных характеристик при одноосном сжатии. // ГОСТ 28985-91. Комитет стандартизации и метрологии СССР. Москва. Издательство стандартов. - 1991.- 15 с.
2. Ю.М. Карташов. Об определении длительной прочности соленосных пород / Титов Б.В. // Труды ВНИИГалургии.- Вып. 77.- Л.- 1975.- С. 77-84.
3. В.И. Щербина, Ю.К. Зарецкий, Н.С. Хачатурьян. Прогноз напряжённо-деформированного состояния основания плотины с учетом реологических свойств пород, наличия тектонических нарушений, и возможного размыва пласта соли и оценка несущей способности сооружений Рогунской ГЭС. 1079 - 34 - Т586. М., 1991, – 69 с.
4. С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров. Гидрогеохимический мониторинг в основании плотины Рогунской ГЭС. – Душанбе: Ирфон, 2017. – 236 с.
5. А.С. Раджабова, Б.Н. Рахимов, С.К. Давлатшоев, З.В. Кобули. Испытание реологических свойств образцов каменной соли на объёмную ползучесть. Вестник Технологического университета Таджикистана. №2 (45), 2021. –С. 84-90.
6. С.К. Давлатшоев, А.С. Раджабова. Исследование реологических свойств образцов каменной соли. В сборнике: Общенаучные проблемы инженерной подготовки кадров МЧС России. Сборник трудов секции № 16 XXXI Международной научно-практической конференции. Химки, 2021. С. 38-43.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)**

TJ	RU	EN
Ражабова Аслия Саидовна	Раджабова Аслия Саидовна	A.S.Radzhabova
Муаллими калон	Старший преподаватель	Senior Lecturer
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
rajabova.asliya@yandex.ru		
<a href="https://orcid.org/0000-0001-8297-6856">https://orcid.org/0000-0001-8297-6856</a>		

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Приложение 1  
к Положению о научном журнале  
"Политехнический вестник"

**ТРЕБОВАНИЯ И УСЛОВИЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ  
статей в журнал "Политехнический вестник"**

1. В журнале публикуются статьи научно-практического и проблемного характера, представляющие собой результаты завершённых исследований, обладающие научной новизной и представляющие интерес для широкого круга читателей журнала.

2. Основные требования к статьям, представляемым для публикации в журнале:

- статья (за исключением обзоров) должна содержать новые научные результаты;
- статья должна соответствовать тематике и научному уровню журнала;
- статья должна быть оформлена в полном соответствии с требованиями к оформлению статей (см. пункт 5).

3. Статья представляется в редакцию по электронной почте и в одном экземпляре на бумаге, к которому необходимо приложить электронный носитель текста, идентичного напечатанному, а также две рецензии на статью и справку о результате проверки на оригинальность.

4. Структура статьи

Текст статьи должен быть представлен в формате IMRAD<sup>8</sup> на таджикском, английском или русском языке:

<b>ВВЕДЕНИЕ (Introduction)</b>	Почему проведено исследование? Что было исследовано, или цель исследования, какие гипотезы проверены? Включает: актуальность темы исследования, обзор литературы по теме исследования, постановку проблемы исследования, формулирование цели и задач исследования.
<b>МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ (MATERIALS AND METHODS)</b>	Когда, где и как были проведены исследования? Какие материалы были использованы или кто был включен в выборку? Детально описывают методы и схему экспериментов/наблюдений, позволяющие воспроизвести их результаты, пользуясь только текстом статьи. Описывают материалы, приборы, оборудование и другие условия проведения экспериментов/наблюдений.
<b>РЕЗУЛЬТАТЫ (RESULTS)</b>	Какой ответ был найден. Верно ли была протестирована гипотеза? Представляют фактические результаты исследования (текст, таблицы, графики, диаграммы, уравнения, фотографии, рисунки).
<b>ОБСУЖДЕНИЕ (DISCUSSION)</b>	Что подразумевает ответ и почему это имеет значение? Как это вписывается в то, что нашли другие исследователи? Каковы перспективы для будущих исследований? Содержит интерпретацию полученных результатов исследования, включая: соответствие полученных результатов гипотезе исследования; ограничения исследования и обобщения его результатов; предложения по практическому применению; предложения по направлению будущих исследований.
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ (CONCLUSION)</b>	Содержит краткие итоги разделов статьи без повторения формулировок, приведенных в них.
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК (REFERENCES)</b>	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. п.3).
<b>СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ</b>	оформляется в конце статьи в следующем виде:

<sup>8</sup> Данный термин составлен из первых букв английских слов: Introduction (Введение), Materials and Methods (Материалы и методы), Results (Результаты) Acknowledgements and Discussion (Обсуждение). Это самый распространенный стиль оформления научных статей, в том числе для журналов Scopus и Web of Science.



(AUTHORS' BACKGROUND)

	TJ	RU	EN
Ному насаб, ФИО, Name			
Дараҷа ва унвони илмӣ, Степень и должность, Title <sup>9</sup>			
Ташкилот, Организация, Organization			
e-mail			
ORCID <sup>10</sup> Id			
Телефон			

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ**  
(CONFLICT OF INTEREST)

Конфликт интересов — это любые отношения или сферы интересов, которые могли бы прямо или косвенно повлиять на вашу работу или сделать её предвзятой.

Пример:

1. Конфликт интересов: Автор Х.Х.Х. Владеет акциями Компании Y, которая упомянута в статье. Автор Y.Y.Y. – член комитета XXXX.
2. Если конфликта интересов нет, авторы должны заявить: Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи

**ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД**  
**АВТОРОВ** (AUTHOR  
CONTRIBUTIONS).

Публикуется для определения вклада каждого автора в исследование. Описание, как именно каждый автор участвовал в работе (предпочтительно), или сообщение о вкладах авторов в процентах или долях (менее желательно).

Пример данного раздела:

1. Авторы A1, A2 и A3 придумали и разработали эксперимент, авторы A4 и A5 провели теоретические исследование. Авторы A1 и A6 участвовали в обработке данных. Авторы A1, A2 и A5 участвовали в написании текста статьи. Все авторы участвовали в обсуждении результатов.
2. Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации

**ДОПОЛНИТЕЛЬНО** (по желанию автора)

**БЛАГОДАРНОСТИ**  
(опционально) -  
ACKNOWLEDGEMENT  
(optional)

Если авторы в конце статьи выражают благодарность или указывают источник финансовой поддержки при выполнении научной работы, то необходимо эту информацию продублировать на английском языке.

**ФИНАНСИРОВАНИЕ**  
**РАБОТЫ** (FUNDING)

Информация о грантах и любой другой финансовой поддержке исследований. Просим не использовать в этом разделе сокращенные названия институтов и спонсирующих организаций.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ**  
**ИНФОРМАЦИЯ**  
(ADDITIONAL  
INFORMATION)

В этом разделе могут быть помещены:

Нестандартные ссылки. Например, материалы, которые по каким-то причинам не могут быть опубликованы, но могут быть предоставлены авторами по запросу. Дополнительные ссылки на профили авторов (например, ORCID). Названия торговых марок на иностранных языках, которые необходимы для понимания статьи или ссылки на них.

Особые сообщения об источнике оригинала статьи (если статья публикуется в переводе).

Информация о связанных со статьей, но не опубликованных ранее докладов на конференциях и семинарах.

<sup>9</sup> Title can be chosen from: master student, Phd candidate, assistant professor, senior lecture, associate professor, full professor

<sup>10</sup> ORCID или Open Researcher and Contributor ID (Открытый идентификатор исследователя и участника) — незапатентованный буквенно-цифровой код, который однозначно идентифицирует научных авторов.  
www.orcid.org.

## 5. Требования к оформлению статей

Рекомендуемый объем оригинальной статьи – до 10 страниц, обзора – до 15 страниц, включая рисунки, таблицы, библиографический список. В рубрику «Краткие сообщения» принимаются статьи объемом не более 3 страниц, включая 1 таблицу и 2 рисунка.

## Рекомендации по набору и оформлению текста

Наименование	Требования	Примечания
Формат страницы	A4	
Параметры страницы и абзаца	отступы сверху и снизу - 2.5 см; слева и справа - 2 см; табуляция - 2 см;	ориентация - книжная
Редактор текста	Microsoft Office Word	
Шрифт	Times New Roman, 12 пунктов	
межстрочный интервал	Одинарный, выравнивание по ширине	Не использовать более одного пробела между словами, пробелы для выравнивания, автоматический запрет переносов, подчеркивания.
Единица измерения	Международная система единиц СИ	
Сокращения терминов и названий	В соответствии с ГОСТ 7.12-93.	должны быть сведены к минимуму
Формулы	Математические формулы следует набирать в формульном редакторе MathTypes Equation или MS Equation, греческие и русские буквы в формулах набирать прямым шрифтом (опция текст), латинские курсивом. Формулы и уравнения печатаются с новой строки и центрируются.	Обозначения величин и простые формулы в тексте и таблицах набирать как элементы текста (а не как объекты формульного редактора). Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в последующем изложении. Нумерация формул сквозная. Повторение одних и тех же данных в тексте, таблицах и рисунках недопустимо
Таблицы	При создании таблиц рекомендуется использовать возможности MS Word (Таблица – Добавить таблицу) или MS Excel. Таблицы должны иметь порядковые номера, название и ссылку в тексте. Таблицу следует располагать в тексте после первого упоминания о ней. Интервал между строчками в таблице можно уменьшать до одинарного, размер шрифта – до 9 пунктов.	Внутри таблицы заголовки пишутся с заглавной буквы, подзаголовки – со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком. Заголовки центрируются. Боковые – по центру или слева. Диагональное деление ячеек не рекомендуется. В пустой ячейке обязателен прочерк (тире –). Количество знаков после запятой (точность измерения) должно быть одинаковым.
Рисунки (иллюстрации, графики, диаграммы, схемы)	Должны иметь сквозную нумерацию, название и ссылку в тексте, которую следует располагать в тексте после первого упоминания о рисунке. Рисунки должны иметь расширение, совместимое с MS Word (*JPEG, *BIF, *TIFF (толщина линий не менее 3 пкс) Фотографии должны быть предельно четкими, с разрешением 300 dpi. Максимальный размер рисунка: ширина 150 мм, высота 245 мм. Каждый рисунок должен иметь подрисуночную подпись, в которой дается объяснение всех его элементов. Кривые на рисунках нумеруются арабскими цифрами и комментируются в подписях к рисункам.	Заголовки таблиц и подрисуночные подписи должны быть по возможности лаконичными, а также точно отражающими смысл содержания таблиц и рисунков. Все буквенные обозначения на рисунках необходимо пояснить в основном или подрисуночном текстах. Все надписи на рисунках (наименования осей, цифры на осях, значки точек и комментарии к ним и проч.) должны быть выполнены достаточно крупно, одинаковым шрифтом, чтобы они легко читались при воспроизведении на печати. Наименования осей, единицы измерения физических величин и прочие надписи должны быть выполнены на русском языке. Не допускается наличие рамок вокруг и внутри графиков и диаграмм. Каждый график, диаграмма или схема вставляется в текст как объект MS Excel.

Рукопись должна быть построена следующим образом:

Раздел	Содержание (пример)	Расположение
Индекс УДК <sup>11</sup>	УДК 62.214.4; 621.791.05	в верхнем левом углу полужирными буквами
Заголовок	<b>НАЗВАНИЕ СТАТЬИ</b> (должен быть информативным и, по возможности, кратким) (на языке оригинала статьи)	В центре полужирными буквами
Авторы	<b>Инициалы и фамилии авторов</b> (на языке оригинала статьи)	В центре полужирными буквами
Организация	<b>Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими</b>	В центре полужирными буквами
Реферат (аннотация)	Должен быть информативным и на языке оригинала статьи (таджикском, русском и английском), содержать 800-1200 печатных знаков (120-200 слов). Структура реферата: Введение. Материалы и методы исследования. Результаты исследования. Заключение.	Выровнять по ширине
Ключевые слова	5-6, разделены между собой « , ». (на языке оригинала статьи) Пример: энергосбережение, производство корунда, глинозем, энергопотребление, оптимизация	Выровнять по ширине
На двух других языках приводится: Заголовок Авторы Организация Реферат (аннотация)	перевод названия статьи, авторов <sup>12</sup> , организации <sup>13</sup> , заголовки и реферат <sup>14</sup> и ключевые слова <sup>15</sup> на двух других языках	
Статья согласно структуры	Согласно требованиям пункта 4 требования и условия предоставления статей в журнал "Политехнический вестник"	Выровнять по ширине

К статье прилагается (см. <http://vp-es.ttu.tj/>):

1. Сопроводительное письмо (приложение 1А).
2. Авторское заявление (приложение 1Б).
3. Лицензионный договор (приложение 1В).
4. Экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати (приложение 1Г).
5. Рецензия (приложение 1Д).

<sup>11</sup> Универсальная десятичная классификация (УДК) — система классификации информации, широко используется во всём мире для систематизации произведений науки, литературы и искусства, периодической печати, различных видов документов и организации картотек. Межгосударственный стандарт ГОСТ 7.90—2007. Пример: <https://www.teacode.com/online/udc/>

<sup>12</sup> В английском переводе фамилии авторов статей представляются согласно системе транслитерации BSI (British Standard Institute). Стандарт BSI обычно применяется в случае, когда требуется корректная транслитерация букв, слов и предложений из кириллического алфавита в латинский в случае оформления библиографических списков с официальным статусом. Им пользуются для того, чтобы попасть в зарубежные базы данных.

<sup>13</sup> Название организации в английском переводе должно соответствовать официальному, указанному на сайте организации. Непереводимые на английский язык наименования организаций даются в транслитерированном варианте.

<sup>14</sup> Необходимо использовать правила написания организаций на английском языке: все значимые слова (кроме артиклей и предлогов) должны начинаться с прописной буквы. Совершенно не допускается написание одних смысловых слов с прописной буквы, других – со строчной.

<sup>15</sup> В английском переводе ключевых слов не должно быть никаких транслитераций с русского языка, кроме непереводаемых названий собственных имен, приборов и др. объектов, имеющих собственные названия; также не должен использоваться непереводаемый сленг, известный только ограниченному кругу специалистов.

Муҳаррири матни русӣ:	М.М. Якубова
Муҳаррири матни тоҷикӣ:	Муаллифон
Ороиши компютерӣ ва тарроҳӣ:	М.Қаюмов
Редактор русского текста:	М.М. Якубова
Редактор таджикского текста:	Авторская редакция
Компьютерный дизайн и верстка:	М.Қаюмов

Нишонӣ: ш. Душанбе, хиёбони акад. Раҷабовҳо, 10<sup>А</sup>  
Адрес: г. Душанбе, проспект акад. Раҷабовых, 10<sup>А</sup>

Ба чоп 22.10.2021 имзо шуд. Ба матбаа 25.10.2021 супорида шуд.  
Чопи офсетӣ. Коғози офсет. Андозаи 60x84 1/8  
Адади нашр 50 нусха.

Матбааи Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ  
ш. Душанбе, кӯчаи акад. Раҷабовҳо, 10<sup>А</sup>